



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **EFFECTO DE LOS NEMATODOS Y EL INJERTO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE MELÓN Y TOMATE**

---

Trabajo final de grado | Ingeniería Alimentaria

Autor:

Diego Guerra Reyes

Tutoras:

Montserrat Pujolà Cunill

Isabel Achaerandio Puente

10 de julio de 2018

## Resumen

En los últimos años, las investigaciones realizadas en el campo de los nematodos fitoparásitos han cobrado particular importancia, teniendo en cuenta las enfermedades causadas por estos organismos, especialmente *Meloidogyne incognita*. No sólo en la producción y el rendimiento vegetativo, sino también en su posible repercusión sobre la calidad del fruto. El presente estudio tiene como objetivo estudiar el efecto de la densidad de población de nematodos (*Meloidogyne incognita*), el agallamiento causado por éstos y el uso de injertos (*Cucumis metuliferus* y *Aligator*) sobre la calidad y composición nutricional de melones variedad Paloma (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) y tomates variedad Durinta (*Solanum lycopersicum*) cultivados en invernadero. Se analizaron los siguientes parámetros físico-químicos: pH, °Brix, índice de madurez, acidez, materia seca, materia mineral y contenido mineral (Na, K, Fe, Ca, Mg); así como color, textura, calibres y pesos de los frutos cosechados. Se ha constatado que un gradiente creciente de agallamiento (A. Expósito, 2018) incrementa el tamaño y peso del melón; mientras que en tomates incrementa la saturación, el índice de color y el porcentaje de materia seca. Sin embargo, este factor provoca una disminución en acidez total, índice de color, porcentaje de materia seca, potasio, sodio y magnesio en melón; mientras que en tomate origina una disminución en luminosidad y matiz. Por otra parte, un gradiente creciente de nematodos ocasiona una reducción de sólidos solubles totales, pH y porcentaje de materia mineral en melón; mientras que en tomate provoca una reducción de calibre vertical, cavidad seminal, pH e índice de madurez. No obstante, se observó que injertar permite al cultivo soportar una mayor densidad de población de nematodos.

**Palabras clave:** color, acidez, textura, contenido mineral, grados brix.

## Resum

En els últims anys, les recerques realitzades en el camp dels nematodes fitoparàsits han cobrat particular importància, tenint en compte les malalties causades per aquests organismes, especialment *Meloidogyne incognita*. I no només en la producció i el rendiment vegetatiu, sinó també en la seva possible repercussió sobre la qualitat del fruit. El present estudi té com a objectiu estudiar l'efecte de la densitat de població de nematodes (*Meloidogyne incognita*), l'agallament causat per aquests i l'ús d'empelts (*Cucumis metuliferus* i *Aligator*) sobre la qualitat i composició nutricional de melons varietat Paloma (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) i tomàquets varietat Durinta (*Solanum Lycopersicum*) conreats en hivernacle. Es van analitzar els següents paràmetres físic-químics: pH, °Brix, índex de maduresa, acidesa, matèria seca, matèria mineral i contingut mineral (Na, K, Fe, Ca, Mg); així com color, textura, calibres i pesos dels fruits collits. S'ha constatat que un gradient creixent d'agallament (A. Expósito, 2018) incrementa la grandària i pes del meló; mentre que en tomàquets incrementa la saturació, l'índex de color i el percentatge de matèria seca. No obstant això, aquest factor provoca una disminució en acidesa total, índex de color, percentatge de matèria seca, potassi, sodi i magnesi en meló; mentre que en tomàquet origina una disminució en lluminositat i matís. D'altra banda, un gradient creixent de nematodes ocasiona una reducció de sòlids solubles totals, pH i percentatge de matèria mineral en meló; mentre que en tomàquet provoca una reducció de calibre vertical, cavitat seminal, pH i índex de maduresa. No obstant això, es va observar que empeltar permet al cultiu suportar una major densitat de població de nematodes.

**Paraules clau:** color, acidesa, textura, contingut mineral, graus brix.

## Abstract

In recent years, research in the field of phytoparasitic nematodes has become particularly important, into account the diseases caused by these organisms, especially *Meloidogyne incognita*. And not only in the production and the vegetative yield, but also in its possible repercussion on the quality of the fruit. The objective of this study is to study the effect of population density of nematodes (*Meloidogyne incognita*), the galling caused by these and the use of grafts (*Cucumis metuliferus* and *Aligator*) on the quality and nutritional composition of melons Paloma variety (*Cucumis melo var. cantalupensis*) and Durinta variety tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) grown in greenhouse. The following physical-chemical parameters were analyzed: pH, °Brix, maturity index, acidity, dry matter, mineral matter and mineral content (Na, K, Fe, Ca, Mg); as well as color, texture, calibers and weights of the harvested fruits. It has been found that a growing gradient of galling (A. Expósito, 2018) increases the size and weight of melon; while in tomatoes it increases the saturation, the color index and the percentage of dry matter. However, this factor causes a decrease in total acidity, color index, percentage of dry matter, potassium, sodium and magnesium in melon; while in tomato it causes a decrease in luminosity and hue. On the other hand, an increasing gradient of nematodes causes a reduction of total soluble solids, pH and percentage of mineral matter in melon; while in tomato it causes a reduction of vertical caliber, seminal cavity, pH and maturity index. However, it was observed that grafting allows the crop to support a higher population density of nematodes.

**Key words:** color, acidity, texture, mineral content, degrees Brix.

## Sumario

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>RESUM</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>SUMARIO</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1.1. Nematodos parásitos: <i>Meloidogyne incognita</i>	7
1.2. Relación entre la densidad de población de nematodos y la respuesta del cultivo	8
1.3. Daños ocasionados por la infección de <i>Meloidogyne incognita</i>	9
1.4. Técnicas para disminuir los daños causados por poblaciones de nematodos	10
1.4.1. Uso del injerto	11
1.5. Efectos de <i>Meloidogyne incognita</i> sobre la calidad de los frutos	13
1.6. Composición nutricional de tomate y melón	16
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>19</b>
3.1. Materiales	19
3.2. Diseño experimental	22
3.3. Métodos analíticos de parámetros físico-químicos	27
3.3.1. Métodos analíticos de los metales	28
<b>4. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO</b>	<b>28</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>29</b>
5.1. Melón Cantaloupe	29
5.1.1. Efecto de la infestación de nematodos en peso, calibre y cavidad seminal	29
5.1.2. Efecto de la infestación de nematodos en SST, pH, IM y acidez total	31
5.1.3. Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa	34
5.1.4. Efecto de la infestación de nematodos sobre la firmeza de la pulpa	40
5.1.5. Efecto de la infestación de nematodos sobre materia seca y materia mineral	41
5.1.6. Efecto de la infestación de nematodos sobre metales	42
5.2. Tomate Durinta	47
5.2.1. Efecto de la infestación de nematodos en peso y calibre	47
5.2.2. Efecto de la infestación de nematodos en SST, pH, IM y acidez total	49
5.2.3. Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa	53
5.2.4. Efecto de la infestación de nematodos sobre la firmeza de la pulpa	58
5.2.5. Efecto de la infestación de nematodos sobre materia seca y materia mineral	59
5.2.6. Efecto de la infestación de nematodos sobre metales	61
<b>5. RESUMEN GENERAL DE LOS RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>



## Índice de figuras

Figura 1. a): <i>Meloidogyne</i> spp. en tercera etapa juvenil (J3). b): masas de huevos de <i>Meloidogyne</i> incognita	7
Figura 2. a): raíz con agallas formadas por <i>Meloidogyne</i> incognita. b): zanahorias afectadas por nematodos formadores de agallas	9
Figura 3. a): Estado de la raíz con injerto de <i>C. pustulatus</i> . b): con injerto de <i>C. sativus</i>	11
Figura 4. Calendario de cultivo recomendado de tomate	19
Figura 5. Tomates variedad Durinta analizados en laboratorio	19
Figura 6. Información sobre las resistencias que ofrece el portainjertos Aligator	20
Figura 7. Melones variedad Paloma analizados en laboratorio	21
Figura 8. Distribución de los sectores y parcelas de tomate	22
Figura 9. Distribución de los sectores y parcelas de melón	23
Figura 10. Configuración de los cultivos en invernadero	24
Figura 11. Descripción visual de raíces de acuerdo con el grado de infestación con <i>Meloidogyne</i> spp.	26
Figura 12. Peso unitario en melones injertados y sin injertar	29
Figura 13. Calibre vertical y cavidad seminal en melones injertados y sin injertar	30
Figura 14. Sólidos solubles totales (SST) en melones injertados y sin injertar	31
Figura 15. pH y acidez total (AT) en melones injertados y sin injertar	32
Figura 16. Índice de madurez en melones injertados y sin injertar	33
Figura 17. Luminosidad en melones injertados y sin injertar	34
Figura 18. Muestras de melones injertados	35
Figura 19. Saturación (croma) y matiz en melones injertados y sin injertar	36
Figura 20. Diagrama cromático	37
Figura 21. Incremento de color e índice de color en melones injertados y sin injertar	38
Figura 22. Firmeza en melones injertados y sin injertar	40

Figura 23. Materia seca y materia mineral en melones injertados y sin injertar	41
Figura 24. Contenido en potasio y sodio en melones injertados y sin injertar	42
Figura 25. Contenido en hierro y magnesio en melones injertados y sin injertar	44
Figura 26. Contenido en calcio en melones injertados y sin injertar	45
Figura 27. Peso unitario en tomates sin injertar	47
Figura 28. Calibre horizontal y vertical en tomates injertados y sin injertar	48
Figura 29. Sólidos solubles totales (SST) en tomates injertados y sin injertar	50
Figura 30. pH y acidez total (AT) en tomates injertados y sin injertar	51
Figura 31. Índice de madurez en tomates injertados y sin injertar	52
Figura 32. Luminosidad en tomates injertados y sin injertar	53
Figura 33. Muestras de tomates injertados	54
Figura 34. Saturación (croma) y matiz en tomates injertados y sin injertar	55
Figura 35. Diagrama cromático	56
Figura 36. Incremento de color e índice de color en tomates injertados y sin injertar	57
Figura 37. Firmeza en tomates injertados y sin injertar	59
Figura 38. Materia seca y materia mineral en tomates injertados y sin injertar	60
Figura 39. Contenido en potasio y sodio en tomates injertados y sin injertar	61
Figura 40. Contenido en hierro y magnesio en tomates injertados y sin injertar	63
Figura 41. Contenido en calcio en tomates injertados y sin injertar	64

## 1. Introducción

En el ámbito agrícola contemporáneo cada vez tiene más importancia el impacto que pueden tener los nematodos en los cultivos, dado que la influencia de estos fitoparásitos puede provocar cambios en las plantas, sus raíces o los frutos que generen. Dichas variaciones pueden llegar a determinarse como negativas o dañinas.

Las pérdidas económicas a causa de la parasitación planta-nematodo son de gran importancia. Sin embargo, al vivir por debajo de la superficie del suelo, es difícil saber en qué grado representan un problema como patógeno causante de enfermedades y habitualmente se subestiman sus efectos.

### 1.1. Nematodos parásitos: *Meloidogyne incognita*

Entre las especies del género, *Meloidogyne incognita* (figura 1a) tiene la mayor incidencia a nivel mundial y afecta a cultivos de gran importancia económica. De acuerdo con su hábito de alimentación, se clasifica como nematodo endoparásito sedentario, puesto que penetra completamente dentro del sistema radicular y mantiene un lugar fijo de alimentación (figura 1b) (Guzmán, Castaño, and Villegas, 2012).

Su crecimiento se ve favorecido por climas cálidos, suelos húmedos y arenosos. Como norma general, los suelos arenosos contienen una mayor cantidad de nematodos que los suelos arcillosos, dado que -entre otras razones- hay más aireación y mayor facilidad de movimiento. En huéspedes favorables y suelos cálidos (25-30°C) su ciclo de vida dura entre 3 y 4 semanas (Parrilla, 1984). Por el contrario, a temperaturas superiores a 40°C o por debajo de 5°C su actividad disminuye considerablemente (Taylor and Sasser, 1983).

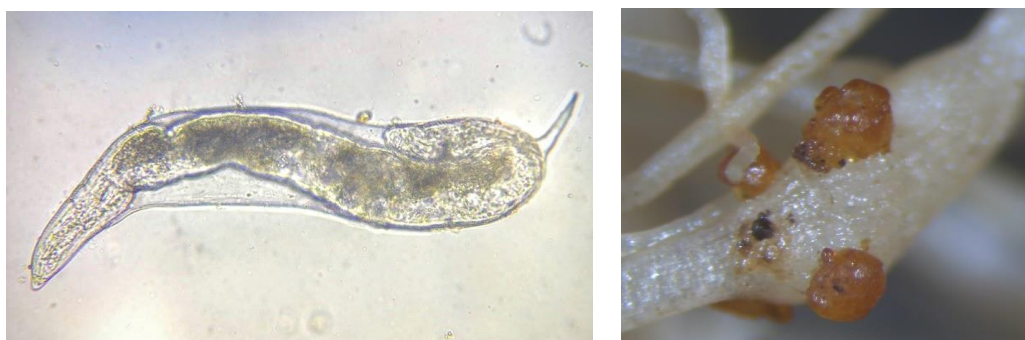


Figura 1. a): *Meloidogyne* spp. en tercera etapa juvenil (J3). b): masas de huevos de *Meloidogyne incognita* | Fuente: Nelson, Scot. (2017). Tomato: Root knot. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/scotnelson/>



## 1.2. Relación entre la densidad de población de nematodos y la respuesta del cultivo

La relación entre los nematodos fitoparásitos, el crecimiento y rendimiento de los cultivos están principalmente en función de la densidad de población existente antes de la plantación. La importancia de las densidades iniciales recae en la movilidad reducida de los nematodos, así como en una tasa de reproducción relativamente baja (Barker and Olthof, 1976).

Este vínculo de tolerancia entre la planta y el nematodo (anfitrión-huésped) es un fenómeno dinámico, ya que varía dependiendo de los factores ambientales, como el tipo de suelo, la humedad, la temperatura, la nutrición que reciba el cultivo, la presencia/ausencia de microflora y microfauna, así como con la variedad, edad o tamaño de las plantas y la población y especie de los nematodos en cuestión.

Barker and Olthof (1976) observaron la relación entre el tomate cultivado en 2 zonas distintas (llanura costera y montañas) y *M. incognita*. Vieron que en la zona de costa el umbral de densidad por 100 cm<sup>3</sup> de suelo fue menor de 4 larvas, con una correlación negativa perfecta. En cambio, en la zona montañosa, vieron que el umbral de densidad fue de 40 larvas, con una correlación negativa alta ( $r=-0,81$ ) pero inferior a la que se dio en la zona costera.

En otros cultivos observaron que densidades de población muy bajas de ciertos nematodos pueden estimular el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones de campo con infestaciones naturales o artificiales proporcionaron datos que muestran que los rendimientos son más bajos con densidades crecientes de nematodos. Por otra parte, aquellas plantas con sistemas de raíces extensas (como el maíz), pueden compensar las lesiones causadas por el parasitismo de los nematodos.

### 1.3. Daños ocasionados por la infección de *Meloidogyne incognita*

La inducción de enfermedades por *Meloidogyne incognita* puede ser directa y los síntomas son:

- **Reducción de la cantidad y longitud de raíces**
- **Necrosis en raíces o deformaciones en tallos y bulbos, entre otras afecciones**
- **Formación de agallas (figura 2a)**



Figura 2. a): raíz con agallas formadas por *Meloidogyne incognita*. b): zanahorias afectadas por nematodos formadores de agallas | Fuente: Agrosíntesis. (2017). Nematodos y su importancia en la agricultura. Recuperado de <https://www.agrosintesis.com/nematodos-y-su-importancia-en-la-agricultura/>

En la mayoría de cultivos el umbral de nematodos tolerados varía entre los 100-5000 nematodos por kg de suelo, dependiendo del género de nematodos. No obstante, hay algunos cultivos que pueden soportar densidades de población de nematodos niveles más altas. Un ejemplo serían las nuevas o más modernas variedades de tomates, las cuales pueden resistir un umbral de 2000 nematodos por kg de suelo, mientras que las variedades que podríamos encontrar en el mercado soportarían un umbral de nematodos de 1000 por kg de suelo. El contraejemplo sería el cultivo de la zanahoria, el cual no puede aguantar daños por nematodos (figura 2b). También puede inducir enfermedades indirectamente, a través de interactuar con otros agentes fitopatógenos, como hongos, bacterias o virus. Los daños provocados por el nematodo pueden traducirse en heridas físicas, dejando la planta a predisposición de éstos organismos mencionados.

#### 1.4. Técnicas para disminuir los daños causados por poblaciones de nematodos

Como ocurre con el tomate, los nematodos que afectan a las raíces como *Meloidogyne incognita* también son un grave problema para los melones. Por lo que respecta al cultivo de melón Cantaloupe, cuando *M. incognita* está presente en el momento de la siembra, impide el crecimiento de las plantas jóvenes y provoca la formación de agallas en las raíces. Las plantas infectadas en las primeras etapas de crecimiento permanecen atrofiadas e improductivas durante su desarrollo, haciendo que rara vez den fruto a melones comercializables. Las zonas infestadas en un campo de cultivo pueden ser de variable superficie; sin embargo, también cabe la posibilidad de que todo un campo esté infestado por nematodos, por lo que si no se aplican medidas antes de la siembra, podría darse que todo ese terreno fuese improductivo.

A continuación se proponen algunas técnicas para lidiar ante esta problemática:

- Uso de aerosoles (Vydate): insecticida-nematicida experimental para el control de nematodos que atacan las raíces en plantas ya cultivadas, que comenzó a probarse en melones Cantaloupe durante los años 70's en California, Estados Unidos. Su uso retrasó, redujo o evitó la aparición de agallas en las raíces de plantas de melón maduras. Además, el uso de este nematicida fue beneficioso tanto para el tamaño como para la vigorosidad de las plantas al final de su etapa de crecimiento. Su uso como nematicida está permitido en cultivos de melones y tomates (Radewald, Kontaxis, and Shibuya, 1975).
- Uso de N-Viro Soil (NVS): fertilizante orgánico y biológico formado por biosólidos procedentes del alcantarillado y mezclas alcalinas. Entre las propiedades agronómicas beneficiosas que aporta encontramos: mejora de la fertilidad del suelo, adición de materia orgánica y supresión de nematodos fitoparásitos. Una concentración del 3% del acondicionamiento en seco resultó en una supresión significativa del número de huevos de nematodos formadores de agallas en las raíces del cultivo de melón, gracias a la acumulación de amoníaco hasta niveles letales para los nematodos del suelo, así como el aumento de pH del mismo (Meyer, Zasada, Tenuta, and Roberts, 2005).

La regulación y futura prohibición del bromuro de metilo como fumigante para controlar el crecimiento de nematodos en campos de cultivo ha llevado a los agricultores a buscar alternativas no-químicas para el control de esta plaga, como el uso del sistema injerto-portainjertos.

### 1.4.1. Uso del injerto

Los injertos han demostrado ser un mecanismo eficaz para aumentar el rendimiento de los cultivos, la resistencia a enfermedades, la calidad del fruto, la tolerancia al estrés abiótico y para mejorar la absorción de agua o nutrientes (Gisbert, Prohens, Raigón, Stommel, and Nuez, 2011).

Su desarrollo y mejora nace en la creciente preocupación por los residuos de pesticidas que pueden encontrarse en la cadena alimentaria, los riesgos para la salud humana que suponen y su impacto adverso sobre el medio ambiente, lo cual también tiene una repercusión económica, aumentando costes en los ámbitos de influencia de dichos pesticidas. Además, las limitaciones y/o prohibiciones de nematicidas han dado lugar a la aplicación de métodos alternativos, como el uso del injerto para el control de nematodos (Wesemael, Viaene, and Moens, 2011).

Sin embargo, cabe mencionar la contradicción de la información que se encuentra sobre los cambios en la calidad de la fruta debido al uso de injerto. Las diferencias en los resultados reportados pueden atribuirse -en parte- a los diferentes métodos de producción, entornos, tipos de combinaciones patrón/variedad utilizados y fechas de cosecha (Rouphael, Schwarz, Krumbein, and Colla, 2010).

En general, bajo condiciones de enfermedad o estrés, las plantas de cucurbitáceas injertadas no deterioraron la calidad del fruto cuando se usaron portainjertos apropiados (Huang, Tang, Cao, and Bie, 2009, Lopez-Galarza et al., 2004).

Liu et al. (2014) pusieron a prueba distintos portainjertos, entre ellos *Cucumis pustulatus* y *Cucumis sativus*, en cultivos destinados a producción. *C. pustulatus* (figura 3a) exhibió alta resistencia a *M. incognita*, mientras que *C. sativus* (figura 3b) mostró susceptibilidad ante dicho nematodo.

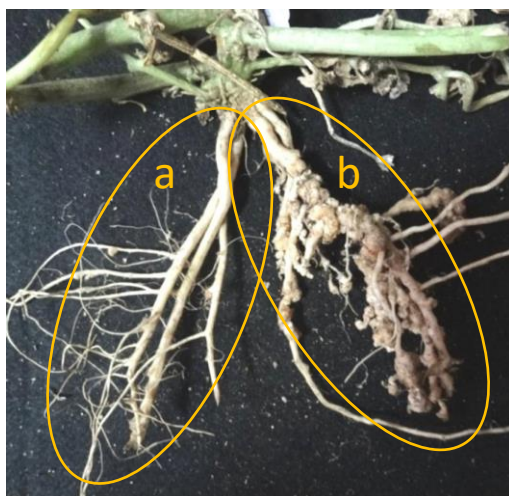


Figura 3. a): Estado de la raíz con injerto de *C. pustulatus*. b): con injerto de *C. sativus* | Fuente: Liu et al. (2014)

Los resultados sugirieron que el portainjerto de *Cucumis pustulatus* es adecuado para resistir simultáneamente a nematodos formadores de agallas y la marchitez provocada por *Fusarium*, siendo viable para cultivar con un alto rendimiento y con una buena calidad de frutos (pepino, melón y sandía). Por lo tanto, las especies silvestres de *Cucumis* son importantes para la resistencia a los nematodos, siempre que dicho portainjertos sea adecuado, dado que dicha compatibilidad afecta a la tasa de fotosíntesis, al crecimiento del sistema de raíces y a la resistencia a enfermedades transmitidas por el suelo.

En cuanto a tomate, Barrett, Zhao, and Mcsorley (2012), investigando los efectos de dos variedades de portainjertos (Multifort y Survivor) en el cultivo de dos variedades tradicionales de tomates de Florida (Brandywine y Flamme), determinaron que el portainjertos híbrido 'Multifort' tuvo una tendencia a soportar el déficit que ejercen los nematodos de las raíces, dando un crecimiento más vigoroso en las plantas. Mientras que el portainjertos híbrido 'Survivor' provocó una mayor reducción en la formación de agallas en las raíces que la variedad 'Multifort'.

En niveles intermedios de infestación, los dos tipos de portainjertos tuvieron una eficiencia similar en la reducción de agallas en las raíces. Además de no verse relación directa entre las agallas de las raíces y el rendimiento en la producción de tomates.

Por lo tanto, se sugirió que para decidir sobre si injertar o no, se ha de considerar el grado de infestación, el sistema de cultivo y las variedades y portainjertos que se utilizarán.

### 1.5. Efectos de *Meloidogyne incognita* sobre la calidad de los frutos

No se han encontrado estudios que traten la influencia de los nematodos en relación con la calidad de los frutos o su composición nutricional. Es por eso que se ha llevado a cabo este estudio, que conjuntamente con los realizados anteriormente (tabla 1), nos permitirá conocer algo más sobre los efectos de los nematodos en la composición nutricional y concretamente en la composición mineral.

Goreta Ban et al. (2014) estudiaron el efecto de los portainjertos en el crecimiento y rendimiento de plantas de *Cucumis sativus* L. en suelos infestados de *Meloidogyne spp.* dentro de invernaderos comerciales. Comprobaron que los sólidos solubles totales, el pH y la conductividad eléctrica de la fruta no se vieron afectados por el portainjerto, mientras que la acidez titulable cambió con el tipo de portainjerto; además de ser significativamente superior con portainjertos que sin injertar.

El efecto de las poblaciones de nematodos en el desarrollo y rendimiento del tomate demuestra que la densidad inicial de nematodos (población inicial) y la final (población final) están positivamente correlacionadas, a pesar de que el factor de crecimiento es menor cuantos más nematodos se inoculan inicialmente (mayor competencia). Cabe mencionar que superada la densidad final máxima permitida, la relación entre población inicial y final de nematodos se invierte (negativamente correlacionadas).

A partir de una población de 620 nematodos/100 g de suelo, la planta sufre daños severos (mayores en plántula que planta adulta) y se produce una fuerte disminución de la producción, que provoca pérdidas económicas. Estudios realizados por Potter (1977), y citados por Salazar-Antón and Guzmán-Hernández (2013), indican que poblaciones de 200 nematodos/100 g suelo estimulan el desarrollo de la planta e incrementan los rendimientos del cultivo. En presencia de un suelo con humedad y fertilidad adecuada para la planta afectada por *Meloidogyne spp.*, ésta genera raíces secundarias que favorecen el crecimiento y rendimiento del tomate.

Se vio también una correlación negativa entre la población inicial y la altura de la planta, a pesar de que una población inicial baja (4-250 nematodos/100 g suelo) favorece el crecimiento vegetativo de la planta, puesto que, tal como se ha mencionado anteriormente, esto incrementa el sistema radicular y comporta una mejor nutrición de la planta y mejor tolerancia de los daños de los nematodos.

El uso del portainjertos *Cucumis metuliferus* no comportó diferencias significativas en el peso, tamaño o uniformidad del fruto en melón Galia 'Arava' y melón Honeydew 'Honey Yellow' (Guan, Zhao, Dickson, Mendes, and Thies, 2014). Aunque algunos estudios muestran que injertar melones en portainjertos híbridos interespecíficos de Cucurbita aumentó el peso singular de los frutos (Crinò et al., 2007).

El injerto de melones 'Honey Yellow' en *Cucumis metuliferus* no afectó a la firmeza de la pulpa de la fruta en ensayos de campo convencionales u orgánicos. Por el contrario, en ambos tipo de experimentos, los melones Galia 'Arava' injertados en *C. metulifer* tuvieron una firmeza de la pulpa significativamente inferior que la planta no injertada (Guan et al., 2014).

Injertar melones, según (B. Liu et al., 2014), no influye en la calidad del fruto, además de no suponer una diferencia significativa en tanto a azúcares solubles, aminoácidos y ácido ascórbico entre los diferentes tipos de injertos y portainjertos, los cuales tampoco mostraron diferencias significativas en su tasa de supervivencia.

Pese a que la calidad del melón generalmente se considera algo inherente a las características de la variedad, se ha comprobado que combinaciones de ciertas variedades y portainjertos afectan a los atributos de calidad del fruto, como el sabor, textura y contenido nutricional (Rouphael et al., 2010).

La absorción mejorada de agua y nutrientes por los vigorosos sistemas de raíces de las plantas injertadas puede conducir a una mayor fotosíntesis de los vástagos (Y. Liu, Li, Qi, Li, and Yin, 2010), que a su vez puede mostrar un efecto positivo en el desarrollo del fruto. Sin embargo, el injerto puede alterar el equilibrio hormonal endógeno entre las plantas (Lopez-Galarza et al., 2004).

Meloidogyne incognita, según Melakeberhan, Brooke, Webster, and D'Auria (1985), influye sobre el crecimiento, fisiología y contenido de nutrientes en Phaseolus vulgaris. Observaron que el peso total de la planta, la tasa fotosintética y el contenido de clorofila se veían significativamente disminuidos en comparación a los controles. Los minerales que se vieron más afectados por el aumento del nivel de infestación de nematodos fueron el hierro, cobre y zinc en la raíz, mientras que los más favorecidos fueron el calcio, cobre y hierro en la planta y potasio en la raíz.

Tabla 1. Resumen de los resultados de melón y tomate de estudios anteriores sobre la investigación de: "Efecto de los nematodos y portainjertos sobre la calidad de la cosecha"

Título del trabajo	Cultivo	Conclusión	Autor (año)
Efectos de la rotación de patrones resistentes y de la resistencia inducida sobre <i>Meloidogyne</i> spp. sobre la calidad del tomate ( <i>Lycopersicum Esculentum</i> var. "Durinta")	Tomate	El tratamiento injerto-nematodos arrojó los mejores resultados en contenido de licopeno y actividad antioxidante, mientras que sus valores de producción, medida de los frutos y características nutricionales se encontraron dentro de los valores promedio.	Márquez, C. (2016)
Efecto de <i>Meloidogyne</i> y del injerto sobre los compuestos bioactivos del melón Cantaloupe	Melón	El injerto de melón variedad <i>Paloma</i> ( <i>Cucumis melo</i> var. <i>cantalupensis</i> ) con el portainjerto <i>Cucumis metuliferus</i> es una buena técnica de sustitución del nematocida bromuro de metilo. En general, la presencia del injerto implica mayor contenido de compuestos nutraceuticos.	Nogales, S. (2016)
Efecto de la rotación de patrones resistentes y de la resistencia inducida sobre <i>Meloidogyne</i> spp. en la calidad del melón Cantaloupe	Melón	La afirmación de Nogales, S. (2016) es corroborada por Ramos, J. (2016), donde se indica que injertar melón variedad <i>Paloma</i> ( <i>Cucumis melo</i> var. <i>cantalupensis</i> ) sobre <i>Cucumis metuliferus</i> disminuye la afección de <i>Meloidogyne</i> spp. sobre la calidad y mejora los rendimientos de producción frente a esta plaga.	Ramos, J. (2016)
Efecto del injerto y la densidad de <i>Meloidogyne</i> spp. sobre el contenido de compuestos bioactivos de tomate "Durinta" y melón Cantaloupe "Paloma"	Tomate y melón	La presencia de <i>Meloidogyne incognita</i> en melón Cantaloupe -en general- no tiene una repercusión sobre la calidad nutricional de la fruta, puesto que los cambios observados no son suficientemente significativos. El uso de injerto por la lucha contra <i>Meloidogyne incognita</i> es una buena técnica si se tienen en cuenta todos los parámetros agronómicos. No obstante, se tendría que complementar con otros métodos para conseguir minimizar el efecto de los nematodos y obtener un mayor contenido de compuestos bioactivos en melón Cantaloupe y en tomate Durinta.	Cambras, M. (2017)
Efectos del injerto y densidades de nematodos sobre la calidad del tomate y melón Cantaloupe cultivado en invierno	Tomate y melón	La utilización de injertos propina diferencias en algunos de los parámetros estudiados, reduciendo los efectos producidos por la presencia de nematodos, en algunos de los casos. Tenemos que tener en cuenta que la población de nematodos es un factor clave de estos efectos. Por lo tanto, podemos decir que los injertos utilizados no son la solución definitiva para mantener la calidad en presencia de <i>Meloidogyne incognita</i> en ninguno de los dos cultivos estudiados.	Marín, M. (2017)



## 1.6. Composición nutricional de tomate y melón

### Tomate:

El tomate es un fruto con una alta concentración en agua (94%) e hidratos de carbono (aprox. 4%), el cual es su macronutriente mayoritario. Entre los minerales predomina el potasio, cuya concentración (237 mg/100 g) nos aporta el 5% de la cantidad diaria recomendada (4.700 mg/día) para adultos por cada 100 g de tomate. Entre las vitaminas destaca el contenido en vitamina A, básicamente en forma de  $\beta$ -caroteno (444  $\mu$ g/100 gramos) y vitamina C (18 mg/100 g). El tomate también es rico en licopeno (carotenoide sin actividad provitamínica A), responsables del color rojo del fruto, además de ejercer un papel importante en la prevención frente a diversas enfermedades, dada su capacidad antioxidante y moduladora de la respuesta inmunitaria.

*Tabla 2. Composición mineral del tomate*

Valor por 100 g de materia fresca	Tomate (USDA) <sup>1</sup>	Tomate (BEDCA)	Tomate (Hernández, 2013)
MINERALES (mg)			
Calcio, Ca	10	11	8
Hierro, Fe	0,27	0,5	0,3
Magnesio, Mg	11	10	10
Fósforo, P	24	22	-
Potasio, K	237	236	-
Sodio, Na	5	18	6
Zinc, Zn	0,17	0,2	0,2

Fuentes: National Nutrient Data Base (USDA), 2018; Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA), 2018; Hernández (2013)

<sup>1</sup> 11529, Tomatoes, red, ripe, raw, year round average



## Melón:

El melón está compuesto principalmente de agua (90%) y azúcar (aprox. 8%), valor inferior al de otras frutas como el plátano (12%) o la manzana (10%). Éste hecho, unido a que apenas contiene lípidos, hace que el melón tenga un bajo contenido calórico y, por lo tanto, energético. Entre los minerales predomina el potasio y es remarcable el contenido en sodio, lo cual ayuda en el funcionamiento nervioso y muscular del cuerpo. Entre las vitaminas destaca el contenido en vitamina A, esencialmente en forma de  $\beta$ -caroteno (2020  $\mu\text{g}/100$  gramos), del cual cabe mencionar que se encuentra en mayor abundancia en los melones de pulpa anaranjada, y vitamina C, cuya concentración (36,7 mg/100 g) aporta aproximadamente el 41% de la cantidad diaria recomendada (90 mg/día) para adultos hombres por cada 100 g de melón.

*Tabla 3. Composición mineral del melón*

Valor por 100 g de materia fresca	Melón cantaloupe (USDA) <sup>2</sup>	Melón (BEDCA)	Melón honeydew (USDA) <sup>3</sup>
MINERALES (mg)			
Calcio, Ca	9	14	6
Hierro, Fe	0,21	0,4	0,17
Magnesio, Mg	12	17	10
Fósforo, P	15	18	11
Potasio, K	267	320	228
Sodio, Na	16	14	18
Zinc, Zn	0,18	0,1	0,09

Fuentes: National Nutrient Data Base (USDA), 2018; Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA), 2018; National Nutrient Data Base (USDA), 2018

<sup>2</sup> 09181, Melons, cantaloupe, raw

<sup>3</sup> 09184, Melons, honeydew, raw

## 2. Objetivos

El objetivo general del estudio fue evaluar los efectos de la densidad de población de nematodos (*Meloidogyne incognita*), el agallamiento en las raíces y el uso o no de injertos en la composición nutricional, mineral, color y textura en el melón variedad *Paloma* (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) y el tomate variedad *Durinta* (*Solanum lycopersicum*), cultivados en invernadero.

El trabajo se realizó como estudio complementario del realizado por el grupo de investigación UPC-IRTA de Patología Vegetal (2014 SGR 397), dentro del proyecto de investigación AGL2013-49040-C2-1-R: “Efecto de la resistencia de genes R y la inducida por hongos endófitos en la epidemiología de *Meloidogyne* y la producción y calidad de la cosecha en solanáceas-cucurbitáceas”.

Los objetivos específicos fueron:

- Estudiar los efectos de la presencia de *Meloidogyne incognita* y/o injerto en la calidad, producción y medidas de los frutos.
- Evaluar el efecto de la interacción nematodo-injerto sobre los parámetros físico-químicos del melón y el tomate.
- Establecer las posibles correlaciones entre la presencia/ausencia de nematodos/injerto, al respecto de los diversos parámetros analizados y en tanto a las posibles correlaciones que puedan darse entre nematodos e injerto.

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1. Materiales

##### Tomate:

El tomate utilizado fue *Solanum lycopersicum*, de la variedad Durinta, procedente de la marca *Seminis*.

Los tomates de esta variedad son de porte indeterminado, de forma redondeada, sin acostillado y crecen en rama. Su relación diámetro/altura es de 65/50 mm (calibre M), puede tener de 2-4 lóculos, una dureza de 4,2 kg/cm<sup>2</sup>, una concentración de sólidos solubles de unos 6 °Brix y un grueso de la pared externa del fruto de 9 mm. El peso aproximado del fruto oscila entre 110-120 g (Jiménez, 1995).

Planta de vigor medio-alto, con entrenudos cortos y fuerte sistema radicular. Muy uniforme en cuanto a la formación de ramas y a la maduración de éstas, las cuales contienen entre 7 y 8 frutos con pedúnculo fuerte. Segmento de cultivo aconsejado para plantaciones medias y tardías en invierno, en otoño y para plantaciones de primavera (figura 4).

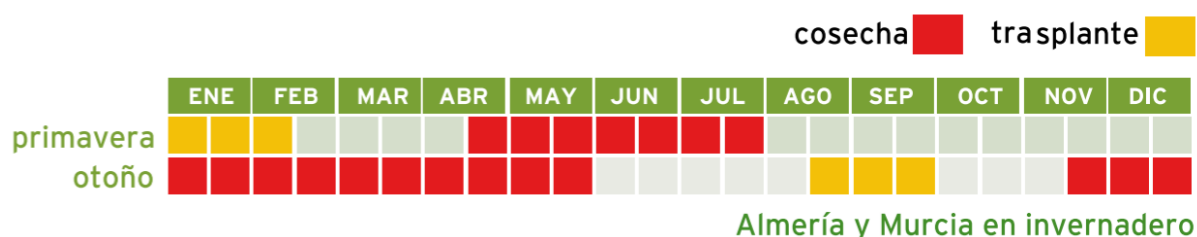


Figura 4. Calendario de cultivo recomendado de tomate



Figura 5. Tomates variedad Durinta analizados en laboratorio. Izquierda: tomate patrón (injertado) de la parcela C. Derecha: tomate variedad (no injertado) de la parcela B | Fuente: propia

## Injerto *Aligator*:

El portainjerto elegido fue *Aligator*, el cual es un híbrido entre *Solanum lycopersicum* y *Solanum spp.*, procedente de la marca *Gautier*. Este portainjertos se caracteriza por tener un crecimiento vigoroso y un poderoso sistema de raíces, gracias a la estabilidad que presenta durante todo el periodo de cultivo. Además, tiene un muy buen comportamiento contra nematodos y verticilosis.

# PORTE-GREFFES

## ALIGATOR HF1

Porte-greffe interspécifique de type KNVF

RÉSISTANCES (HR) ToMV/Va/Vd/Fol:0,1/For  
(IR) PL/Ma/Mi/Mj

Plante très vigoureuse à système racinaire puissant.  
Très bon comportement face aux nématodes et verticillium.  
Porte-greffe à puissance équilibrée toute la saison.

## BRIGÉOR HF1

Porte-greffe interspécifique de type KNVF

RÉSISTANCES (HR) ToMV/Va/Vd/Fol:0,1/For  
(IR) PL/Ma/Mi/Mj

Plante très vigoureuse à système racinaire puissant.  
Depuis plusieurs années, Brigéor est reconnu pour ses excellents résultats en culture de tomate et d'aubergine.  
Recommandé en cultures hors-sol prolongées et en sols froids ou infestés de corky root.



Figura 6. Información sobre las resistencias que ofrece el portainjertos *Aligator* | Fuente: *Gautier semences*. (2015/2016). Recuperado de [http://www.gautiersemencesbio.com/photo/img/actualites/France\\_Tomato\\_2015-2016\\_booklet.pdf](http://www.gautiersemencesbio.com/photo/img/actualites/France_Tomato_2015-2016_booklet.pdf)

## Melón:

El melón utilizado fue *Cucumis melo* var. *cantalupensis*, de la variedad Paloma, procedente de la marca Fitó.

El fruto es esférico o ligeramente aplastado y de apariencia uniforme. Se caracteriza por tener una piel reticulada, de poco espesor y de color amarillo-verdoso, con suturas finas y oscuras y con una pulpa anaranjada, perfumada y jugosa (Mármol, 2008). El peso aproximado del fruto es de 1 kg, una concentración de sólidos solubles de unos 13,5 °Brix y una vida útil prolongada.



Figura 7. Melones variedad Paloma analizados en laboratorio. Derecha: melón patrón (injertado) de la parcela D | Fuente: Expósito, Alex. (2018).

## Injerto *Cucumis metuliferus*:

El portainjerto elegido en el cultivo de melón Cantaloupe fue *Cucumis metuliferus*, también perteneciente a la familia Cucurbitácea. Procedente de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), con código BGV11135.

Se escogió esta especie debido a su alta resistencia frente a la formación de agalles, necrosis de la raíz y la reproducción de *Meloidogyne incognita* (Nugent and Dukes, 1997). *Cucumis metuliferus* también puede hacer frente a *M. hapla*, *M. javanica* y *M. arenaria* (Galatti et al., 2013).

El hecho de utilizar un portainjerto de la misma especie que la variedad de estudio hace que el riesgo de incompatibilidad y efectos negativos en la calidad del fruto disminuyan considerablemente.

### 3.2. Diseño experimental

El cultivo de tomate y melón se realizó en un invernadero de 700 m<sup>2</sup> de superficie, ubicado en el *parque UPC Agròpolis*, en la ciudad de Viladecans, provincia de Barcelona.

Cada cultivo dispuso de 20 parcelas específicas, divididas en 2 sectores. Teniendo así 4 sectores totales: B y C para tomates; D y E para melones. La superficie de cultivo de cada sector fue dividida en 10 parcelas, las cuales se agruparon de la 1 a la 5 si las plantas no habían sido injertadas, y de la 6 a la 10 si habían sido injertadas. Cada parcela, de 3,55 m<sup>2</sup>, tiene dos zonas: derecha e izquierda, cada una constituida por cuatro plantas. Cada zona de la parcela (derecha o izquierda) se muestreó independientemente tanto para las determinaciones nematológicas como para las de calidad de frutos. A los cultivos sin injertar se les llamó variedad, mientras que los cultivos injertados fueron nombrados como patrón (figura 8a y 8b).

Por lo tanto, así quedaron distribuidos los cultivos de tomate y melón:

		Tomate					
		Sector B			Sector C		
		Izquierda	Nº de parcela	Derecha	Izquierda	Nº de parcela	Derecha
		B - I		B - D	C - I		C - D
PATRÓN (injertados)	1		B10	5	1	C10	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B9	5	1	C9	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B8	5	1	C8	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B7	5	1	C7	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B6	5	1	C6	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
VARIEDAD (sin injertar)	1		B5	5	1	C5	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B4	5	1	C4	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B3	5	1	C3	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B2	5	1	C2	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8
	1		B1	5	1	C10	5
	2			6	2		6
	3			7	3		7
	4			8	4		8

Figura 8. Distribución de los sectores y parcelas de tomate

Melón									
Sector D									
Izquierda	Nº de parcela	Derecha							
D - I		D - D							
PATRÓN (injertados)	1	D10	5	PATRÓN (injertados)	1	E10	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D9	5		1	E9	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D8	5		1	E8	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D7	5		1	E7	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D6	5		1	E6	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
VARIEDAD (sin injertar)	1	D5	5	VARIEDAD (sin injertar)	1	E5	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D4	5		1	E4	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D3	5		1	E3	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D2	5		1	E2	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		
	1	D1	5		1	E1	5		
	2		6		2		6		
	3		7		3		7		
	4		8		4		8		

Figura 9. Distribución de los sectores y parcelas de melón

Tomate:

- 1 a 5 sin injertar → variedad *Durinta* (Seminis Seeds)
- 6 a 10 con injerto (patrón) → variedad *Durinta* con injerto *Aligator* (Gautier Semences)

Melón:

- 1 a 5 sin injertar → variedad *Paloma* (Fitó)
- 6 a 10 con injerto (patrón) → variedad *Paloma* con injerto *Cucumis metuliferus* (BGV11135, de la Universidad Politécnica de Valencia)

Ejemplo de la nomenclatura utilizada:

B4-5 → B: cultivo de tomate en el sector B

4: parcela de tomate tipo variedad (sin injertar)

5: número de la planta dentro de la parcela (zona derecha)





*Figura 10. Configuración de los cultivos en invernadero | Fuente: Expósito, Alex. (2018).*

Cuando llegó la cosecha (de primavera), los tomates de estudio en laboratorio fueron recogidos del 3<sup>er</sup> pomo de la planta en gradiente de nematodos, mientras que para los melones se esperó hasta que tuvieran una concentración de sólidos solubles de unos 12 °Brix para su recolección.

Todo el trabajo de campo estuvo realizado por miembros del grupo de investigación UPC-IRTA de Patología Vegetal (2014 SGR 397).

El tratamiento de datos mediante Minitab indicó que los datos eran normales y los modelos de regresión seguían una regresión lineal. La comparación por parejas (Tukey) se desestimó tanto para cultivos injertados como no injertados, ya que en la mayoría de parámetros se constató falta de significancia.

Además, se tuvieron en consideración<sup>4</sup> las poblaciones iniciales de nematodos (*Meloidogyne incognita*) que cada parcela presentó al comienzo del estudio; así como el índice agallamiento que exhibieron las raíces de las plantas. Mediante estos factores se pudo estudiar la afección particular de las diversas plantas y sus correspondientes frutos.

Las siguientes tablas (tabla 4 y 5) muestran descripciones del estado de las raíces de las plantas cultivadas según las agallas que presentan y su ubicación en éstas:

*Tabla 4. El índice de agallamiento (IA) es una valoración en escala del 1 al 10 del grado de infestación de Meloidogyne spp. en las plantas (Zeck, 1971)*

Índice	Descripción
0	Raíces sin agallas, no hay presencia de nematodos
1-4	Agallamiento de las raíces secundarias solamente: pequeñas agallas difíciles de descubrir o distribuidas por todas las raíces secundarias
5-10	Agallamiento de los laterales primarios y la raíz principal: desde numerosas agallas pequeñas distribuidas en las raíces (algunas pueden estar encadenadas entre sí) hasta numerosas agallas de mayor tamaño

*Tabla 5. Información del índice de agallamiento (IA) por Hernández Hernández, del Vallín, and Hernández (2006)*

Índice	Descripción
5	Equivalente al 50% de las raíces irritadas, con presencia de agallas
10	Máxima infestación de nematodos posible: desde la raíz casi totalmente contaminada y reducida (la planta muestra síntomas del daño) hasta el deterioro total por la muerte

<sup>4</sup> Datos facilitados por Alex Expósito (2018)

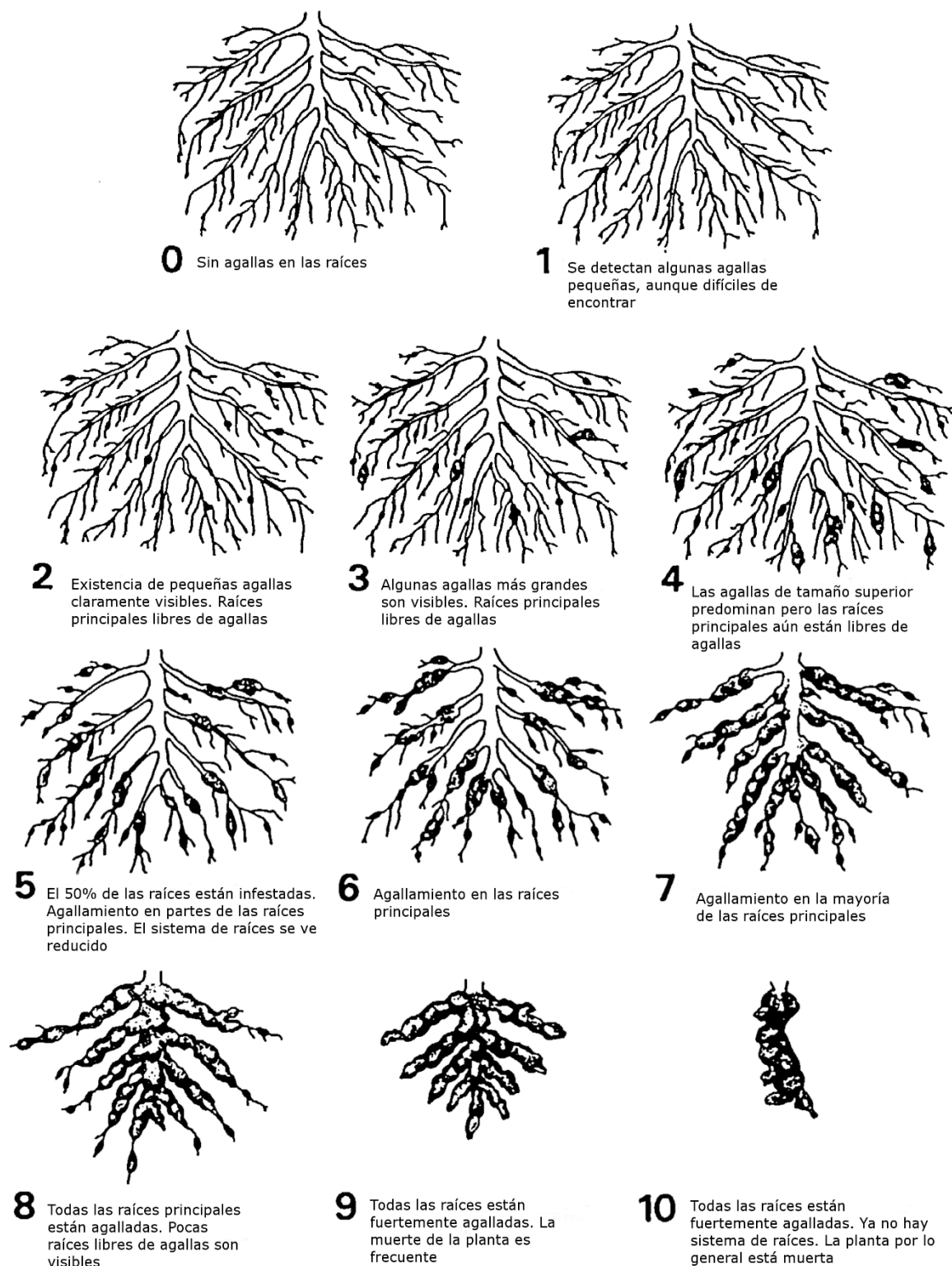


Figura 11. Descripción visual de raíces de acuerdo con el grado de infestación con *Meloidogyne* spp., adaptada de Bridge and Page (1980)

### 3.3. Métodos analíticos de parámetros físico-químicos

Métodos analíticos	
pH	Método AOAC 981.12 mediante un pH-metro CRISON GLP 22
Sólidos solubles totales (°Brix)	Método AOAC 981.12 mediante un refractómetro modelo ATAGO PR-101α
Acidez titulable para tomate y melón	Método AOAC 942.15 (volumetría de neutralización). A partir de 20 g de muestra triturada y homogeneizada, se centrifuga (durante 15 min a 9500 rpm i 4°C; mediante centrifuga Selecta Medifriger-BL, Spain), se filtra y se enrasa a 100 ml con agua destilada. Se valoran 20 ml del extracto mediante NaOH 0,1M, utilizando 2-3 gotas de fenolftaleína como indicador. Todas las muestras se analizaron por duplicado
Materia seca (MS)	Método AOAC 20.013. Método gravimétrico que consiste en pesar una masa concreta de materia fresca (5 g) en crisoles de porcelana, mantenidos en una estufa a 60°C durante 48h (o hasta peso constante). Todas las muestras se analizaron por duplicado
Material mineral (MM)	Método gravimétrico que consiste en calcinar durante 4h a 475°C la materia seca obtenida hasta que las cenizas estén blancas (ausencia de materia orgánica). Todas las muestras se analizaron por duplicado
Color	Determinación del color en el espacio CIE-Lab ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $C^*$ , $H^*$ , IC mediante colorímetro Konika Minolta CR-400C $400C = \sqrt{a^{*2} \cdot b^{*2}} H (^{\circ}) = \tan^{-1} \cdot \frac{b^*}{a^*} \cdot \frac{360}{2\pi} IC = \frac{1000 \cdot a^*}{L^* \cdot b^*}$
Textura	Medida de la firmeza (N) instrumental a partir del texturómetro TA.XT.plus Texture Analyser (Stable Micro Systems) y sonda P/4 con carga 30 kg y velocidad 1 mm/s
Índice de madurez (IM)	$IM = \frac{^{\circ}Brix}{Acidez \left( \frac{g \text{ ácido cítrico}}{100 g \text{ materia fresca}} \right)}$

### 3.3.1. Métodos analíticos de los metales

Métodos analíticos de los metales	
Na i K	Mediante fotometría de flama. A partir de la solución ácida de las cenizas enrasada a 50 ml; se hace una dilución 1:5 para el sodio ( $\lambda=589,6$ nm) y una dilución 1:50 para el potasio ( $\lambda=798$ nm). Uso de patrones 0-25 ml/L tanto para Na como para K
Fe, Ca i Mg	Mediante espectroscopia de absorción atómica. Todas las muestras se determinan a partir de la misma dilución 1:5; pero para hacer las lecturas de calcio y magnesio es necesario añadir 100 $\mu$ l de sal de estroncio de 200 g/L. Uso de patrones de los elementos: para Fe 0-5 ml/L, para el Ca 0-50 ml/L y para el Mg 0-20 ml/L

## 4. Tratamiento estadístico

Los resultados se analizaron mediante un análisis de regresión simple y correlaciones de Pearson, para determinar la influencia de la densidad de población de nematodos o el índice de agallamiento en los parámetros físico-químicos y metales.

El nivel de significancia elegido para determinar si existía una relación significativa entre las variables fue del 95%. Previamente se vio qué variables y factores tenían relaciones significativas entre ellos y se eliminaron los valores atípicos.

Para llevar a cabo dichas determinaciones se utilizó el programa estadístico Minitab 18 (Minitab, Inc.).

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Melón Cantaloupe

Melón comercial y correlaciones entre parámetros que miden la infestación de nematodos.

#### 5.1.1. Efecto de la infestación de nematodos en peso, calibre y cavidad seminal

La forma de la fruta está influenciada por la variabilidad genotípica y por las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta (Rashidi et al., 2007). La figura 12 muestra que el índice de agallamiento aumentó significativamente el peso de los melones injertados ( $p < 0,05$ ), hasta un índice de agallamiento de 9, donde la tendencia cambia, disminuyendo el peso de éstos. El modelo de regresión explica el 63,34% ( $R^2$ ) de la variación en peso, mientras que la correlación Pearson es positiva ( $r = 0,80$ ).

No podemos afirmar que siempre y en todas las condiciones, a mayor índice de agallamiento vaya a haber un mayor peso en los frutos, aunque en este estudio así haya sido.

Por otra parte, la relación entre el índice de agallamiento y los melones sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ). Se puede observar la dispersión de los resultados, los cuales no siguen tendencia alguna.

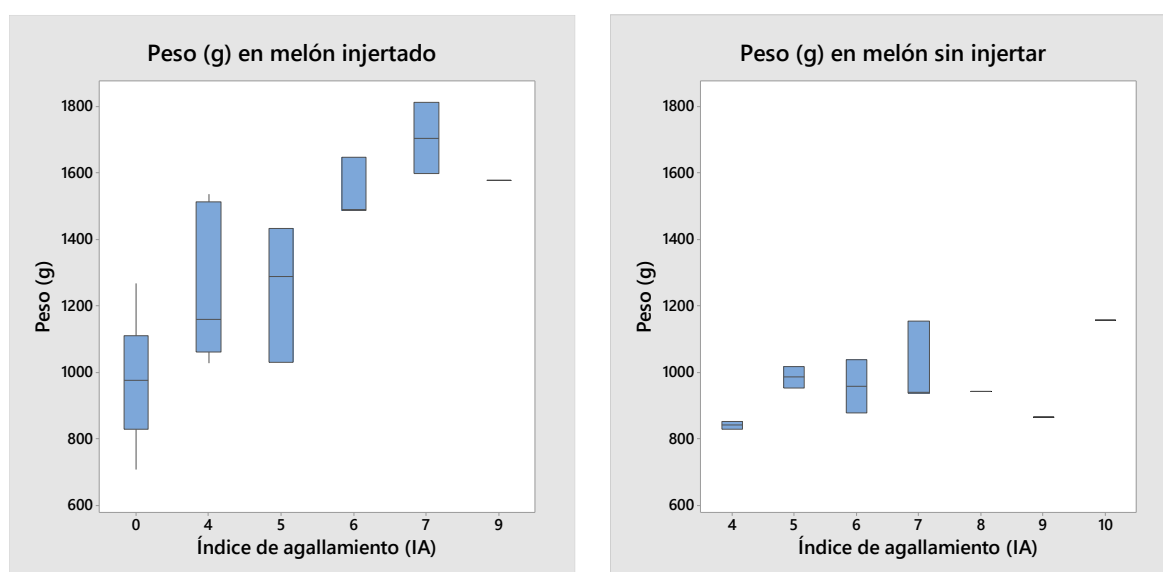


Figura 12. Peso unitario en melones injertados y sin injertar

NOTA: Izquierda: peso respecto al índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: peso respecto al índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

Dado que la variación de peso en melones no injertados no tiene relación directa con el índice de agallamiento, se intuye que el peso pudo haber variado debido a otros factores, como el calibre vertical o la cavidad seminal, y no necesariamente a causa del índice de agallamiento como factor principal.

La figura 13 nos muestra resultados que siguen la misma tendencia que en la figura anterior, en cuanto a melones injertados. El índice de agallamiento tiene una relación significativa ( $p < 0,05$ ) tanto con el calibre vertical como con la cavidad seminal, con una correlación positiva ( $r = 0,87$  y  $r = 0,59$ , respectivamente). En tanto a los modelos de regresión, éstos explican el 76,43% y el 34,72% de la variación de sus respectivos parámetros. Sin embargo, en melones sin injertar, las relaciones entre el índice de agallamiento y los dos parámetros de estudio fueron no significativas ( $p > 0,05$ ).

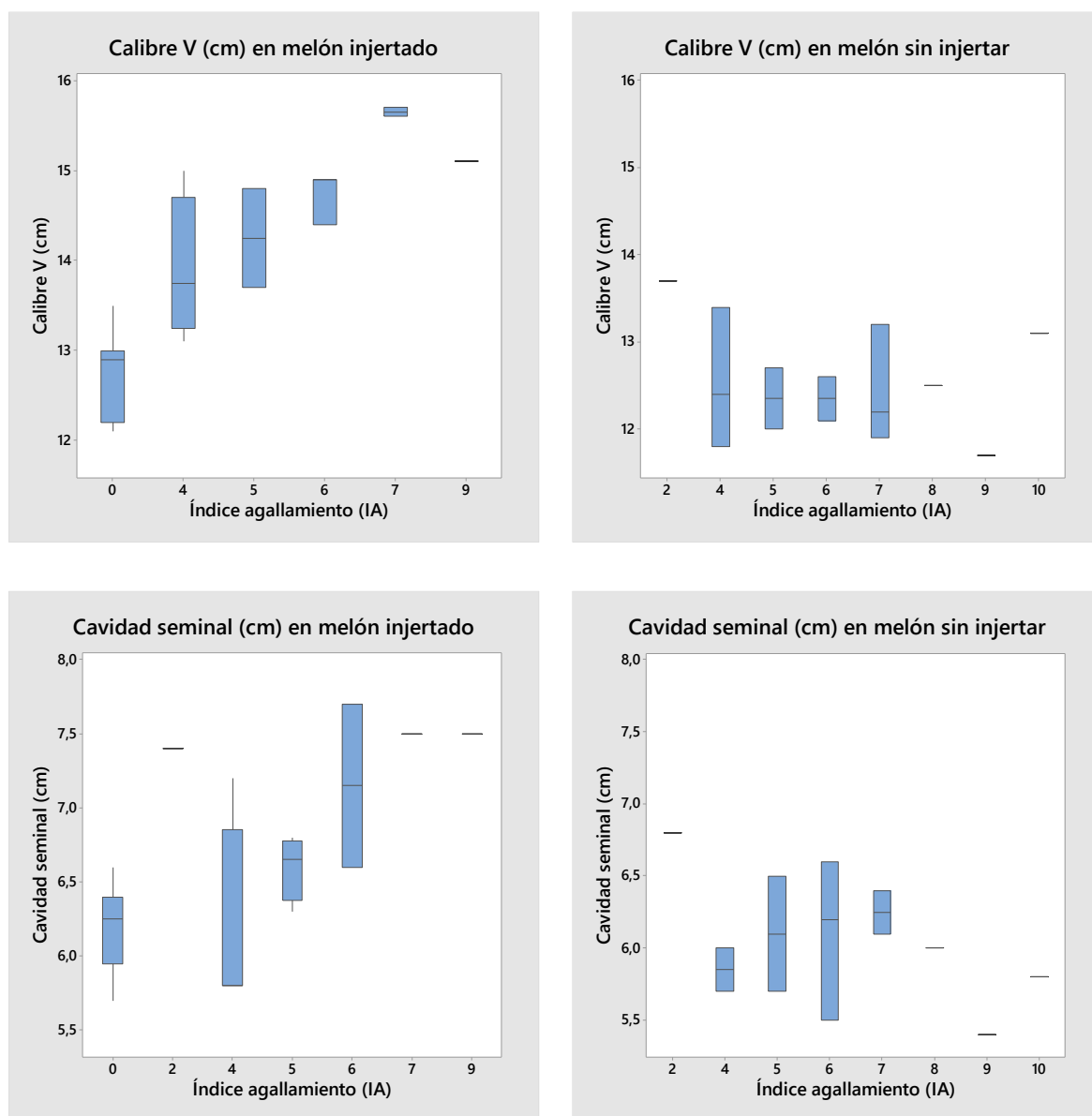


Figura 13. Calibre vertical y cavidad seminal en melones injertados y sin injertar

NOTA: Izquierda: calibre vertical respecto al índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: calibre vertical respecto al índice de agallamiento en melón variedad (no injertado).

NOTA 2: Izquierda: cavidad seminal respecto al índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: cavidad seminal respecto al índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)



El peso promedio de los melones injertados fue superior en un 22,75% al de los melones sin injertar. Este resultado está en consonancia con las dimensiones de los melones; dado que en ambos tipos de melones las relaciones entre el peso, calibre vertical y cavidad seminal fueron significativas.

### 5.1.2. Efecto de la infestación de nematodos en SST, pH, IM y acidez total

La figura 14 muestra que el incremento de la población inicial de nematodos en el suelo provoca la disminución significativa de los sólidos solubles totales, tanto de los melones injertados como de los sin injertar ( $p < 0,05$ ). El modelo de regresión para melones injertados explica el 34,72% ( $R^2$ ) de la variación en sólidos solubles totales, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,51$ ). Por otra parte, el modelo de regresión para melones sin injertar explica el 11,42% ( $R^2$ ) de la variación en sólidos solubles totales y su correlación también es negativa ( $r = -0,34$ ).

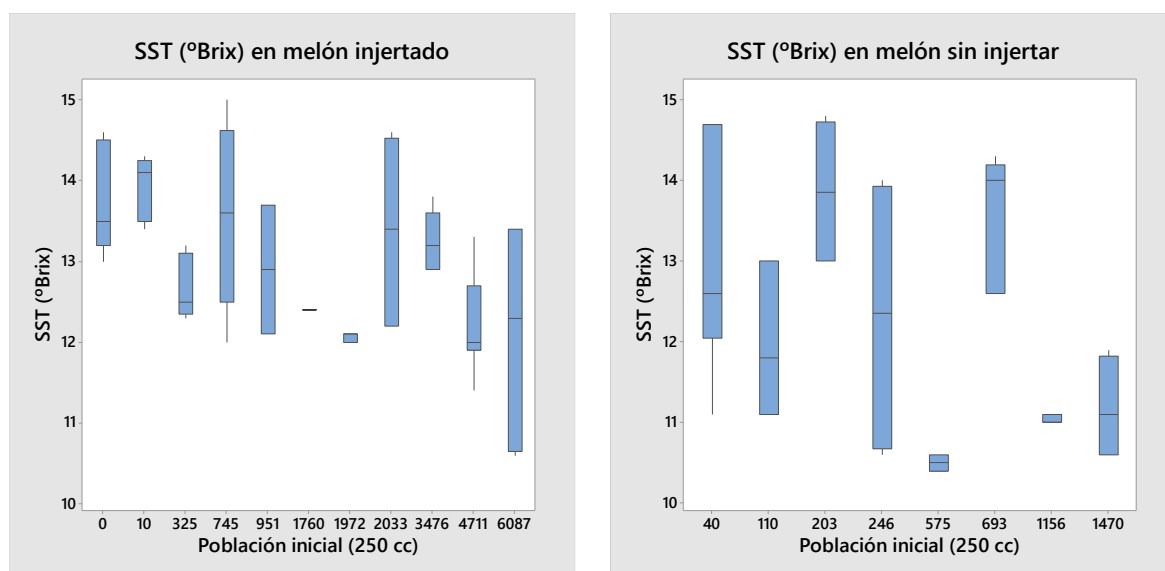


Figura 14. Sólidos solubles totales (SST) en melones injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: sólidos solubles totales respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha: sólidos solubles totales respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)*

Los promedios de grados Brix para melones injertados y no injertados fue de  $13,03 \pm 0,98$  y  $12,48 \pm 1,43$ , respectivamente. Los melones obtenidos de plantas injertadas tuvieron un rango de densidad de población de nematodos en el suelo de entre 0-6087, mientras que en las no injertadas era de entre 40-1470. Aunque ambos tipos de melones tuvieron valores similares de sólidos solubles totales, se obtuvieron melones en las plantas injertadas con una mayor densidad de población de nematodos que las no injertadas; lo cual nos indica que ni la planta ni el fruto murieron. Este incremento de los sólidos solubles totales en melones injertados puede estar relacionado con una mayor cantidad de potasio (K) en el fruto. Resultados que coincidirían con los descritos por Molina (2006).



La figura 15 muestra que la presencia inicial de nematodos disminuyó significativamente ( $p<0,05$ ) el pH de los melones injertados. El modelo de regresión explica el 42,27% ( $R^2$ ) de la variación en pH, mientras que la correlación es negativa ( $r=-0,65$ ). La relación entre población inicial y melones sin injertar fue no significativa ( $p>0,05$ ).

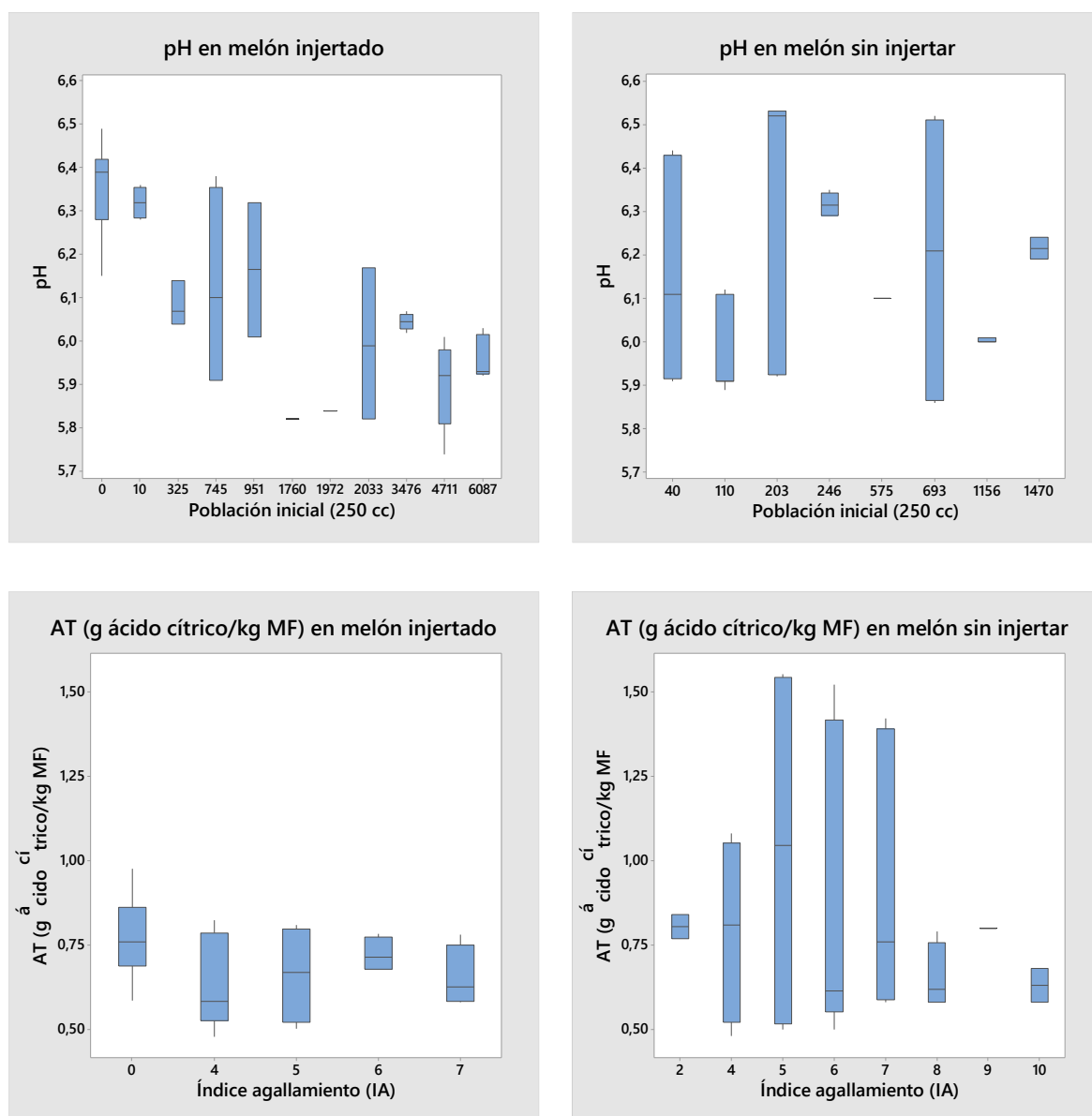


Figura 15. pH y acidez total (AT) en melones injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda: pH respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha: pH respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)

*Nota 2:* Izquierda: acidez total respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: acidez total respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

Por lo que respecta a la acidez total, este parámetro disminuyó significativamente ( $p<0,05$ ) al aumentar el índice de agallamiento, en melones injertados. El modelo de regresión explica el 16,88% ( $R^2$ ) de la variación en acidez total, mientras que la correlación es negativa ( $r=-0,41$ ).

Mediante una comparación por parejas de Tukey, se comprobó que no existen diferencias significativas en la acidez total respecto a los índices de agallamiento manifestados en las plantas. La relación entre índice de agallamiento y melones sin injertar fue no significativa ( $p>0,05$ ).

La influencia de la población inicial de nematodos en melones injertados se comprueba con la disminución del pH y la formación de agallas, que provocan una disminución de la acidez total. Por otra parte, en ambos tipos de melones, el pH y la acidez total están significativamente relacionados. Es decir, a medida que los melones tuvieron un menor pH, su acidez total aumentó. El promedio de acidez total para melones injertados y no injertados fue de  $0,71 \pm 0,02$  y  $0,84 \pm 0,06$ , respectivamente

La figura 16 muestra que no hay un efecto del índice de agallamiento con el índice de madurez ( $p>0,05$ ) con ninguno de los tipos de melones.

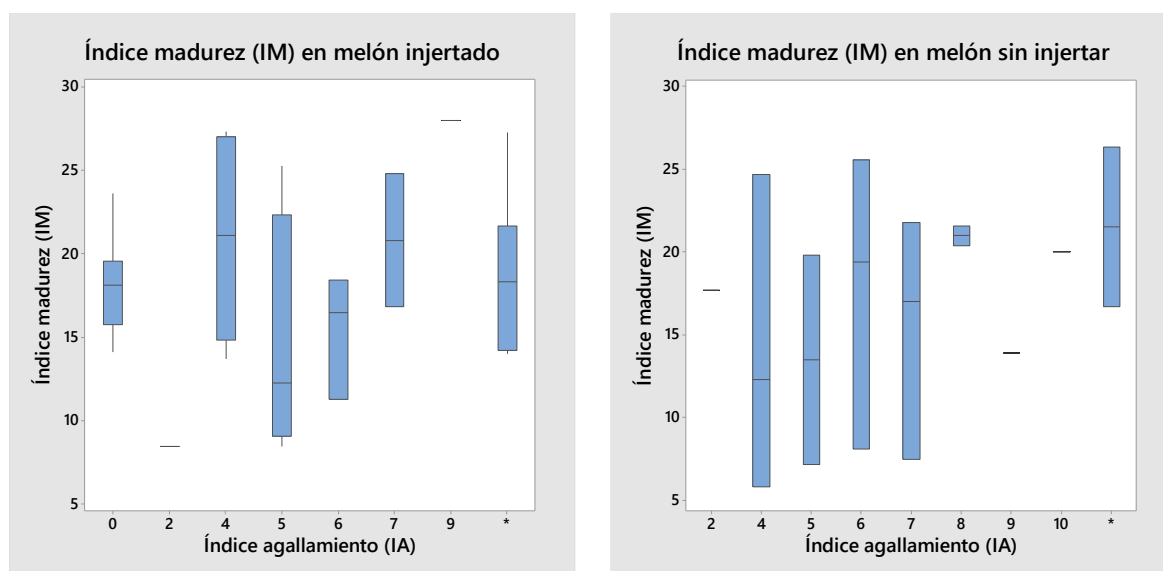


Figura 16. Índice de madurez en melones injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: índice de madurez respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: índice de madurez respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)*

Los valores promedio de índice de madurez para melones injertados y sin injertar fueron de 18,15 y 16,98, respectivamente. Por lo tanto, los melones injertados presentaron un mayor índice de madurez, y es apropiado indicar que cuando las frutas están más maduras, tienden a disminuir su acidez total y a aumentar los sólidos solubles totales. Lo cual se comprueba al ver que los melones injertados tuvieron una cantidad de sólidos solubles ligeramente superior, así como una acidez total inferior.

### 5.1.3. Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa

La figura 17 muestra que el índice de agallamiento aumentó significativamente la luminosidad de los melones injertados ( $p < 0,05$ ). El modelo de regresión explica el 19,94% ( $R^2$ ) de la variación en luminosidad, mientras que la correlación es positiva ( $r = 0,45$ ). La relación entre índice de agallamiento y melones sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

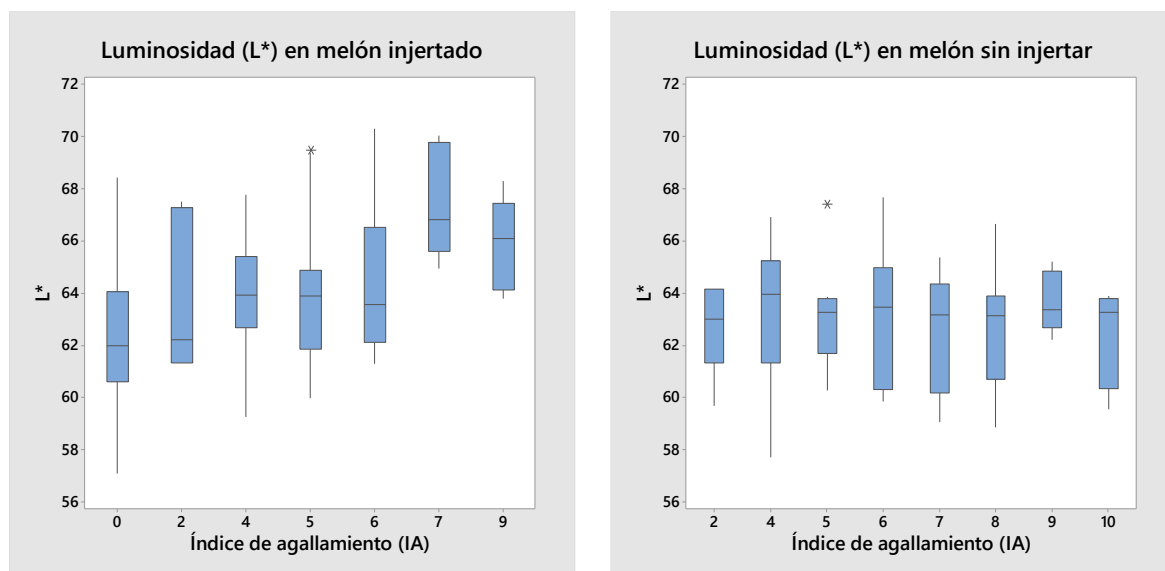


Figura 17. Luminosidad en melones injertados y sin injertar

Izquierda:  $L^*$  respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha:  $L^*$  respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

La luminosidad del melón E75 (figura 18) tiende hacia el blanco. Y como podemos comprobar, es más brillante. Sin embargo, el melón D63 tiene un valor que le acerca al color gris aunque tiende ligeramente a brillar, más que a una luminosidad apagada.

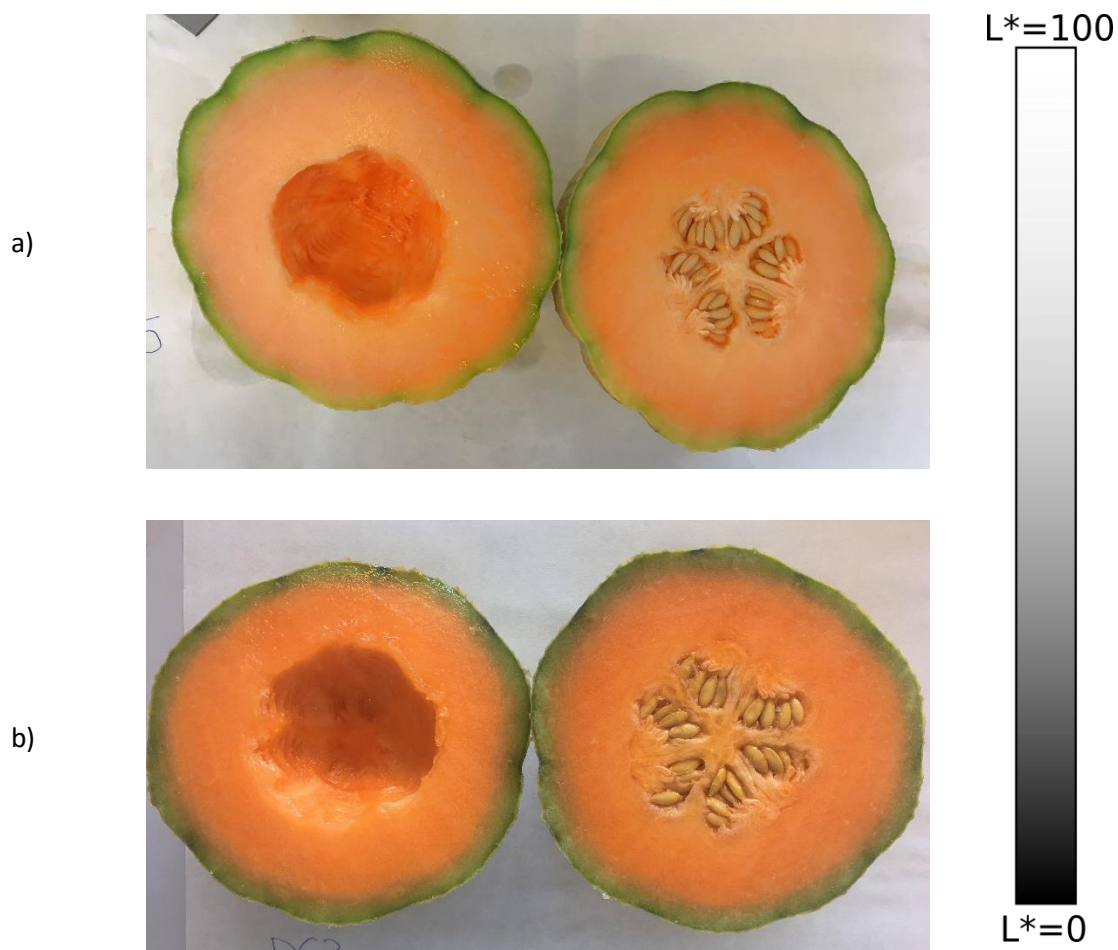


Figura 18. Muestras de melones injertados. a): E75, con una  $L^*=70,30$  y un índice de agallamiento de 6; b): D63, con una  $L^*=57,09$  y un índice de agallamiento de 0 | Fuente: propia

La figura 19 muestra que la población inicial no tiene una relación significativa ( $p>0,05$ ) con la saturación ( $C^*$ ) en los melones injertados. Sin embargo, sí la tiene con los melones sin injertar. El modelo de regresión explica el 14,61% ( $R^2$ ) de la variación en saturación (croma), mientras que la correlación es negativa ( $r=-0,38$ ).

En el matiz ocurre lo contrario, la relación significativa ( $p<0,05$ ) se da entre el índice de agallamiento y los melones injertados. El modelo de regresión explica el 6,19% ( $R^2$ ) de la variación en matiz, mientras que la correlación es positiva ( $r=0,25$ ).

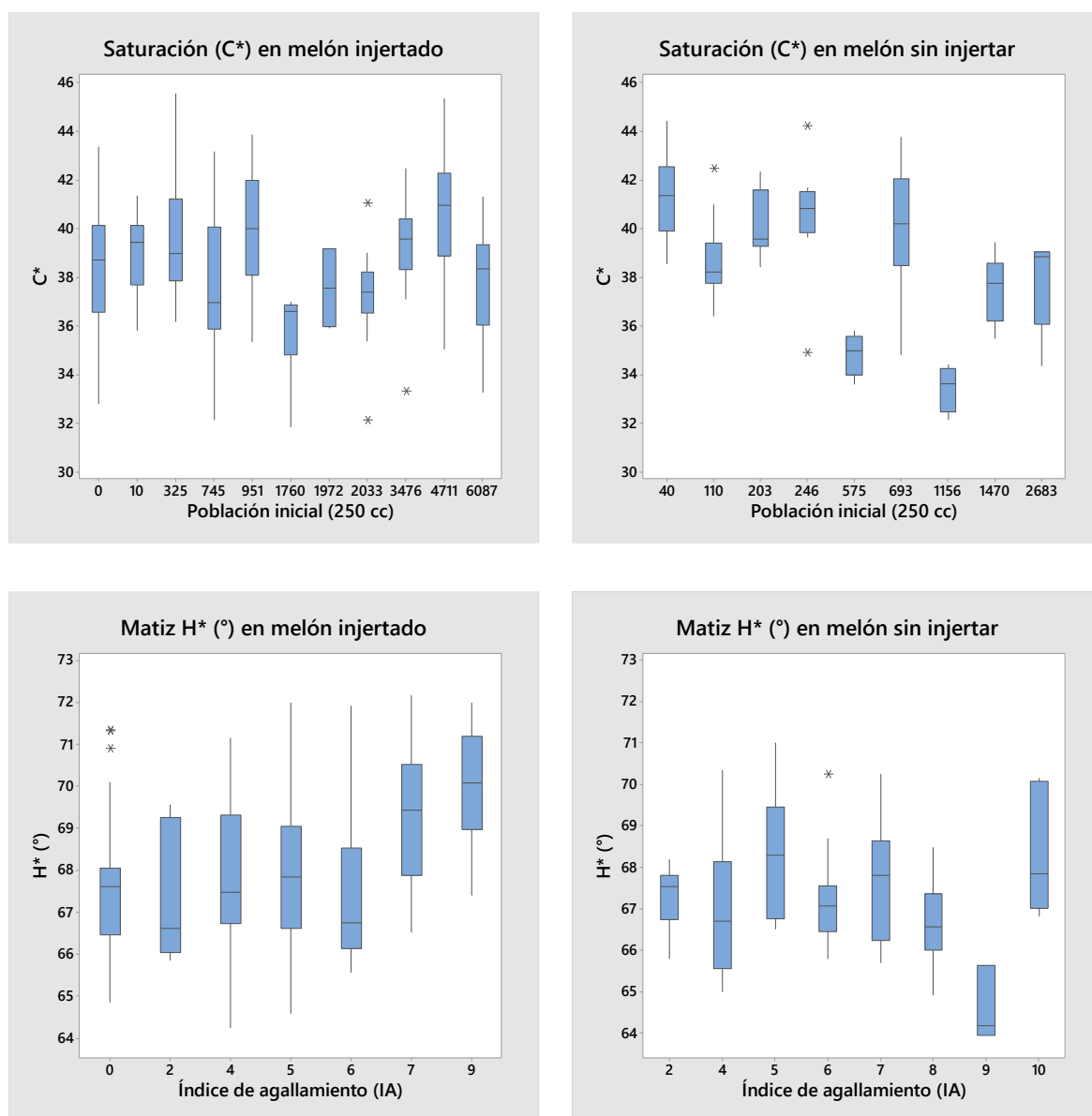


Figura 19. Saturación (croma) y matiz en melones injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda:  $C^*$  respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha:  $C^*$  respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)

*Nota 2:* Izquierda:  $H^*$  respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha:  $H^*$  respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

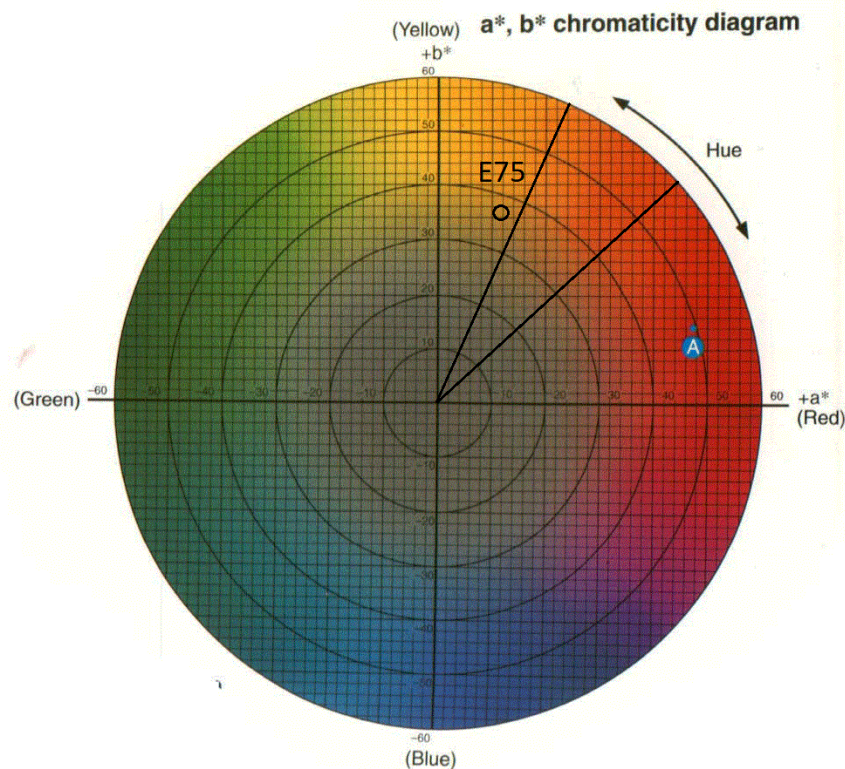


Figura 20. Diagrama cromático. Se indica -de manera aproximada- con un círculo la posición que ocuparía la muestra E75 (figura 18a); con una  $C^*=37,77$  y una  $H^*=71,92$ . Esta muestra procede de una planta injertada con un índice de agallamiento de 6

La figura 21 muestra que el índice de agallamiento aumentó significativamente ( $p<0,05$ ) el incremento de color de los melones injertados. El modelo de regresión del incremento de color explica el 16,16% ( $R^2$ ) de la variación en incremento de color con una correlación positiva ( $r=0,40$ ).

En el índice de color para melones injertados ocurre lo mismo, excepto por la correlación, que es negativa ( $r=-0,43$ ), mientras que el modelo de regresión explica el 18,85% ( $R^2$ ) de la variación en índice de color.

Sin embargo, en melones sin injertar, ninguno de los parámetros tuvo relación significativa con el índice de agallamiento.

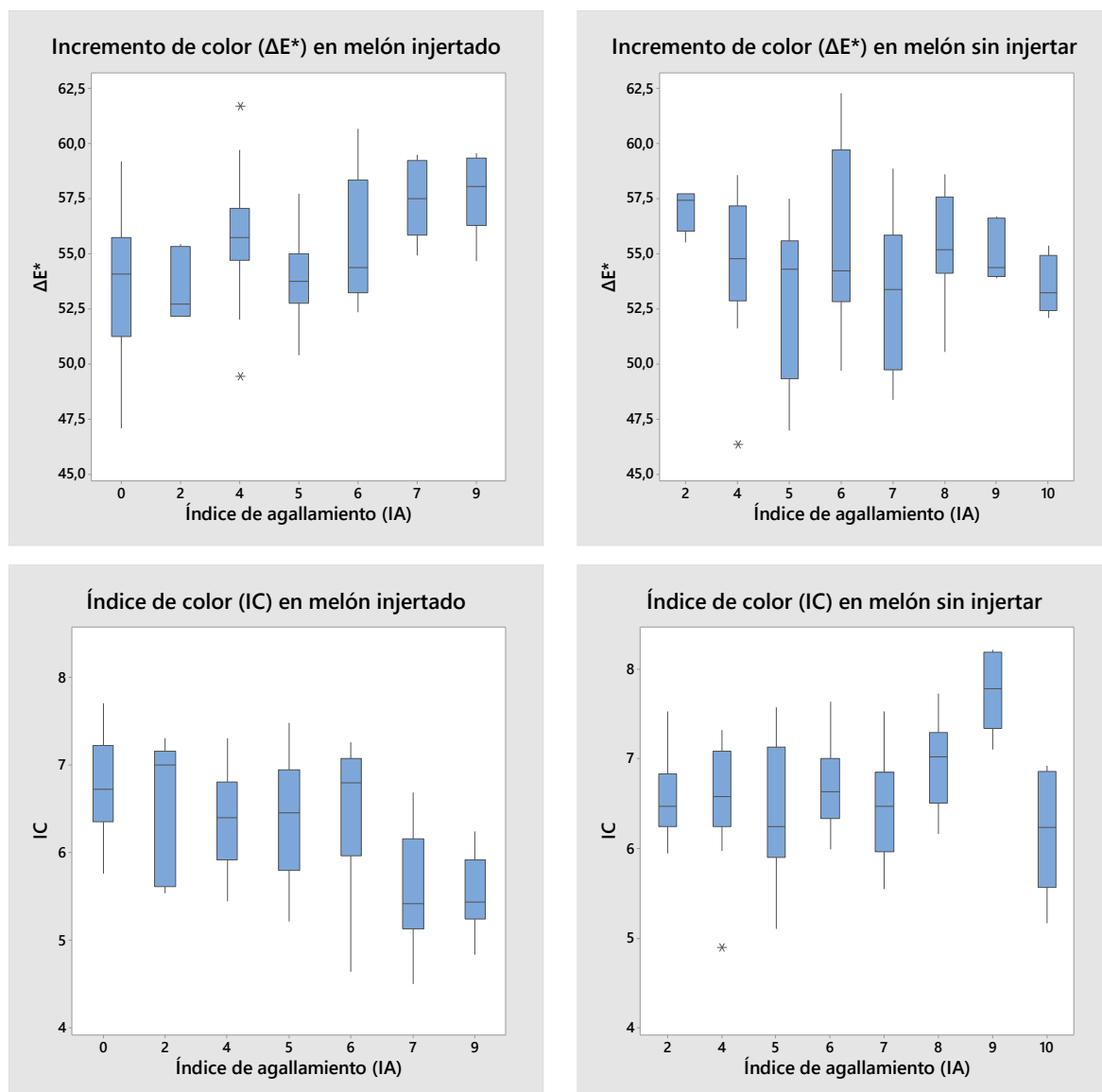


Figura 21. Incremento de color e índice de color en melones injertados y sin injertar

Nota: Izquierda:  $\Delta E^*$  respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha:  $\Delta E^*$  respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

Nota 2: Izquierda: IC respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: IC respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

El índice de color, por sus características de variación, puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos. Los rangos en los que se encuentra son:

- Melones injertados: entre 4,50 a 7,71; con promedio de  $6,42 \pm 0,69$
- Melones sin injertar: entre 4,89 a 8,22; con promedio de  $6,59 \pm 0,67$



Todos los melones analizados, independientemente del injerto y su ubicación en las parcelas, se encuentran dentro de los rangos óptimos para esta variedad. El rango de colores recogido fue desde el amarillo pálido hasta el amarillo-anaranjado, para ambos tipos de melones.

Este resultado, en melones injertados, coincide con lo visto en la figura 18a y 20, respecto a la muestra E75.



#### 5.1.4. Efecto de la infestación de nematodos sobre la firmeza de la pulpa

La figura 22 muestra que la población inicial no afectó significativamente ( $p>0,05$ ) a los melones injertados, como sí hizo con los sin injertar, donde disminuyó significativamente su firmeza. El modelo de regresión explica el 16,16% ( $R^2$ ) de la variación en firmeza, mientras que la correlación es negativa ( $r=-0,43$ ).

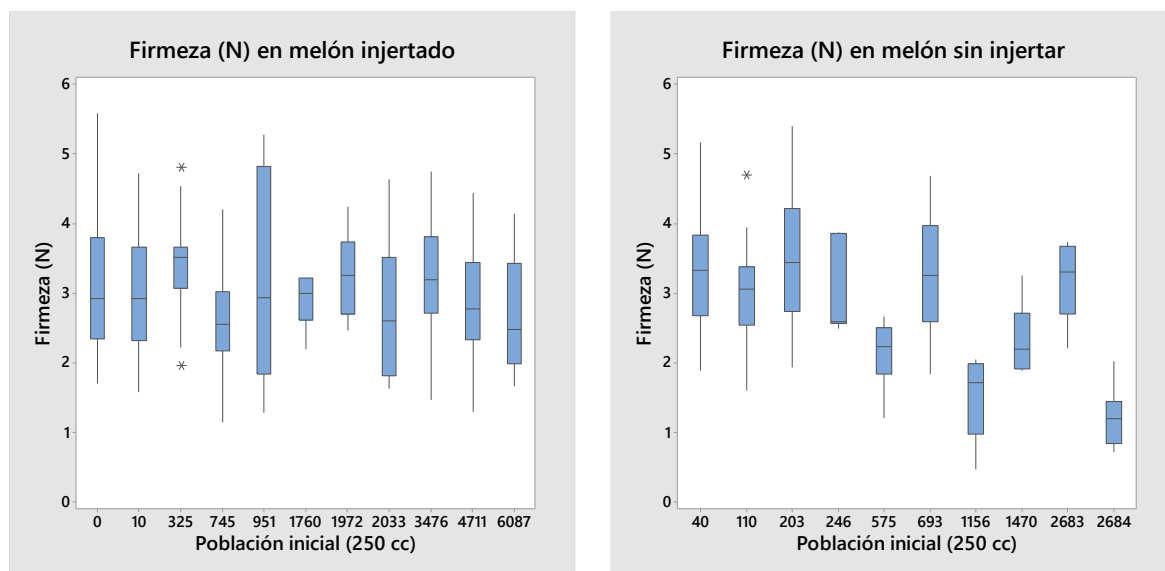


Figura 22. Firmeza en melones injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: firmeza respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha: firmeza respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)*

Esta medida se relaciona con el nivel de madurez y puede estar influenciada por la variedad del producto y la región y condiciones de cultivo (Crisosto, 1994). Estos resultados podrían estar vinculados con la deficiencia de calcio, ya que la firmeza está estrechamente relacionada con la aplicación de este mineral. Dicho nutriente se ocupa principalmente de proporcionar vigor a la planta, junto a otros minerales. Si se produce un crecimiento desequilibrado, el calcio tenderá a ir a las partes vegetativas en vez de acumularse en la fruta. Según Molina (2006), el mejoramiento de la firmeza y la resistencia al ablandamiento de la fruta de melón logrado con aplicaciones de calcio se atribuye a la estabilización de la membrana celular y la formación de pectatos de calcio, que incrementan la rigidez de la lámina media y la pared celular.

### 5.1.5. Efecto de la infestación de nematodos sobre materia seca y materia mineral

La figura 23 muestra que el índice de agallamiento disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de materia seca de los melones injertados. Su modelo de regresión explica el 38,75% ( $R^2$ ) de la variación en porcentaje de materia seca de color con una correlación negativa ( $r = -0,62$ ). En cuando al porcentaje de materia mineral, la población inicial de nematodos provocó que éste parámetro disminuyera. La correlación también fue negativa ( $r = -0,58$ ), mientras que el modelo de regresión explica el 34,12% ( $R^2$ ) de la variación en índice de color. Sin embargo, en melones sin injertar, ninguno de los parámetros tuvo relación significativa o bien con el índice de agallamiento o con la población inicial de nematodos.

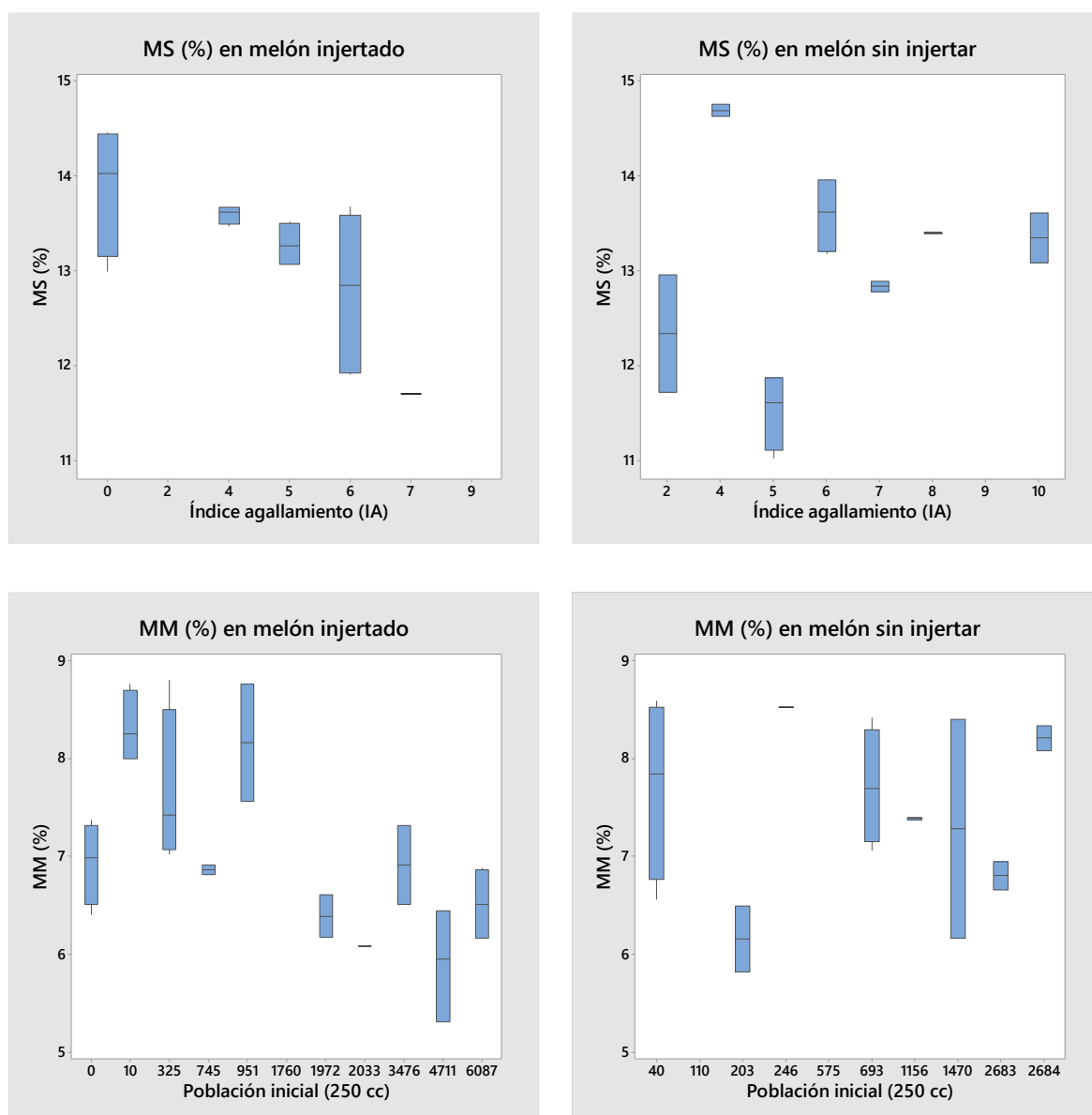


Figura 23. Materia seca y materia mineral en melones injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: materia seca respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: materia seca respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)*

*Nota 2: Izquierda: materia mineral respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha: materia mineral respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)*

### 5.1.6. Efecto de la infestación de nematodos sobre metales

La figura 24 muestra que el índice de agallamiento disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) la cantidad de potasio de los melones injertados. El modelo de regresión explica el 35,52% ( $R^2$ ) de la variación en potasio, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,60$ ).

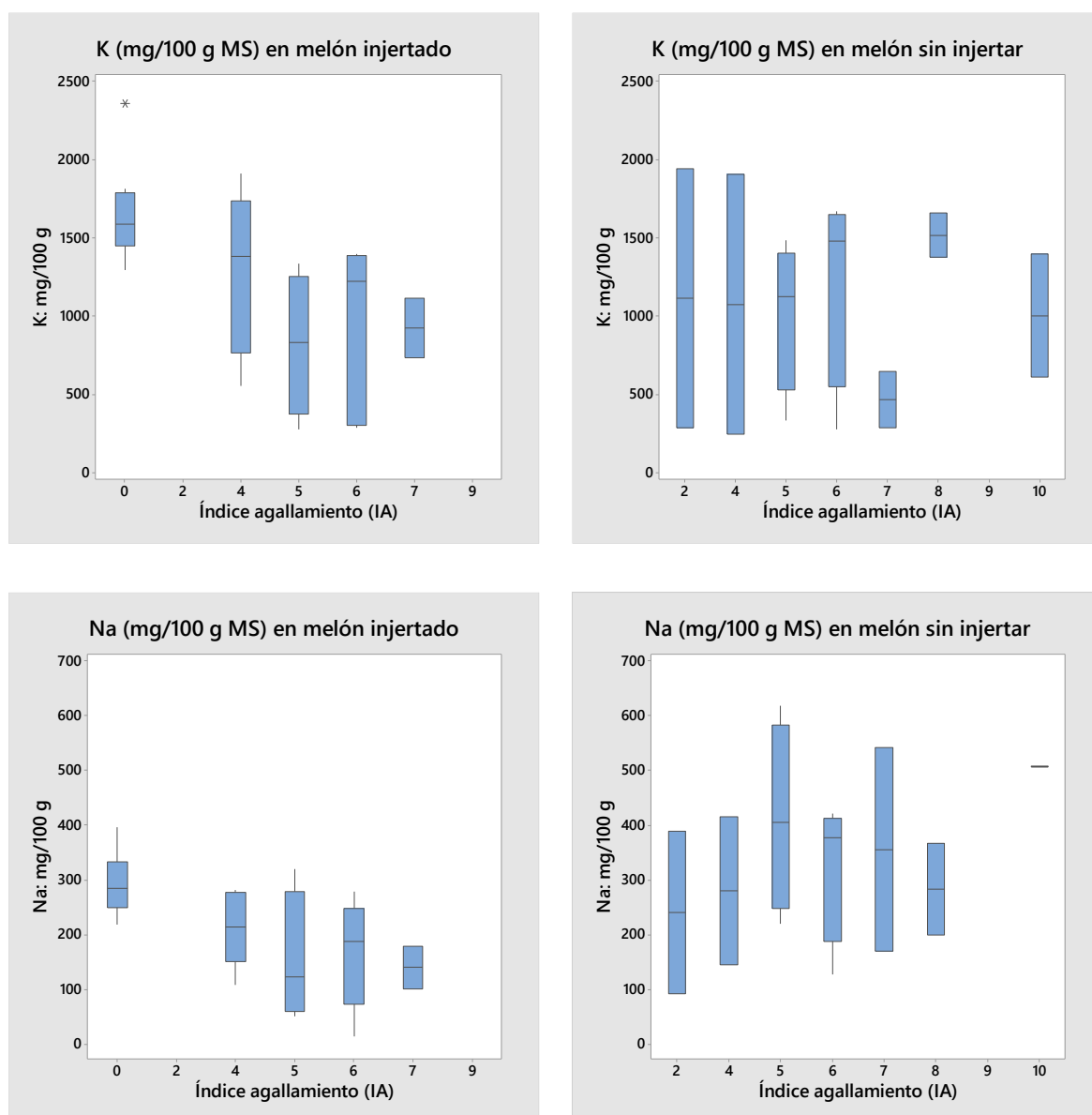


Figura 24. Contenido en potasio y sodio en melones injertados y sin injertar

Nota: Izquierda: potasio respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: potasio respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado) |  $n=27$

Nota 2: Izquierda: sodio respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: sodio respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

Por lo que respecta al sodio, este parámetro disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) al aumentar el índice de agallamiento, en melones injertados. El modelo de regresión explica el 37,33% ( $R^2$ ) de la variación en sodio, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,61$ ). Tanto para el potasio como para el sodio, la relación entre índice de agallamiento y melones sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 2. Composición mineral del melón”:

Valor por 100 g de materia fresca	Melón cantaloupe (USDA)	Melón (BEDCA)	Melón honeydew (USDA)	Melón patrón (injertado)	Melón variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Potasio, K</b>	267	320	228	164,13 ± 70,68	134,38 ± 77,44
<b>Sodio, Na</b>	16	14	18	28,61 ± 12,54	43,61 ± 18,72

Se observa que los melones injertados tuvieron un contenido en potasio inferior en un 38,53% y un contenido en sodio superior en un 44,08%, respecto a los valores de melón cantaloupe del USDA. Por otra parte, los melones sin injertar tuvieron un contenido en potasio inferior en un 49,67% y un contenido superior en sodio superior en un 63,31%, respecto a los valores del USDA.

Se observan ligeras diferencias significativas respecto a estos metales en tanto a sus índices de agallamiento y el uso de injerto.

La figura 25 muestra que la población inicial de nematodos no afectó significativamente ( $p>0,05$ ) a la cantidad de hierro de los melones injertados. Sin embargo, sí afectó significativamente a los melones sin injertar ( $p<0,05$ ), con un modelo de regresión que explica el 31,61% ( $R^2$ ) de la variación en hierro, mientras que la correlación es positiva ( $r=0,56$ ).

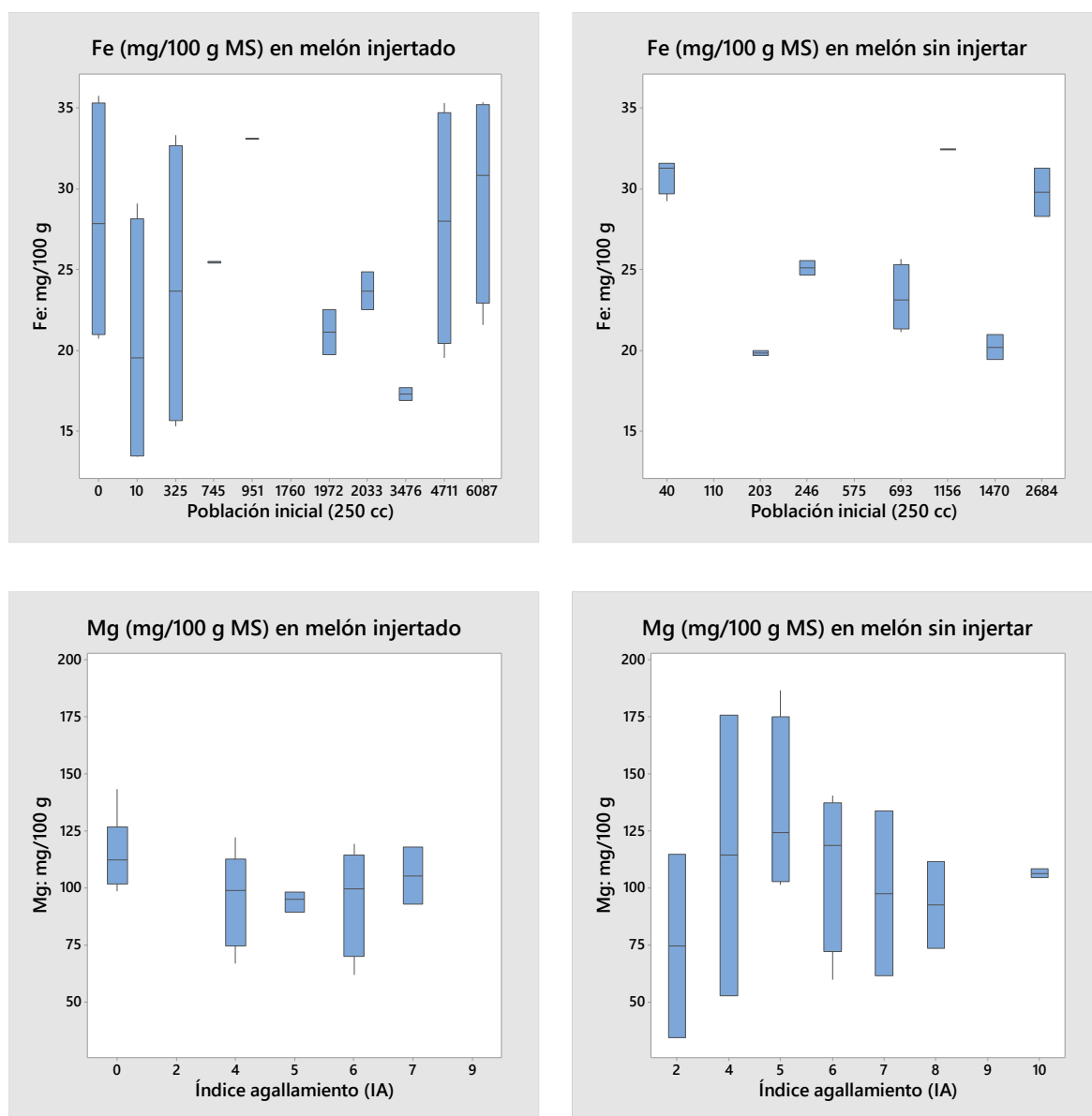


Figura 25. Contenido en hierro y magnesio en melones injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda: hierro respecto a población inicial en melón patrón (injertado). Derecha: hierro respecto a población inicial en melón variedad (no injertado) |  $n=27$

*Nota 2:* Izquierda: magnesio respecto a índice de agallamiento en melón patrón (injertado). Derecha: magnesio respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado) |  $n=27$

Por lo que respecta al magnesio, este metal disminuyó significativamente ( $p<0,05$ ) al aumentar el índice de agallamiento, en melones injertados. El modelo de regresión explica el 19,10% ( $R^2$ ) de la variación en magnesio, mientras que la correlación es negativa ( $r=-0,44$ ). La relación entre índice de agallamiento y melones sin injertar fue no significativa ( $p>0,05$ ).

En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 2. Composición mineral del melón”:

Valor por 100 g de materia fresca	Melón cantaloupe (USDA)	Melón (BEDCA)	Melón honeydew (USDA)	Melón patrón (injertado)	Melón variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Hierro, Fe</b>	0,21	0,4	0,17	3,32 ± 0,86	3,32 ± 0,69
<b>Magnesio, Mg</b>	12	17	10	13,06 ± 3,83	13,97 ± 4,94

Se observa que tanto los melones injertados como los melones sin injertar tuvieron un contenido en hierro superior en un 93,67%, respecto al valor de referencia del USDA. Por otra parte, los melones injertados tuvieron un contenido en magnesio superior en un 8,15%. En los melones sin injertar el contenido de magnesio fue superior en un 14,10%.

No se observan diferencias significativas respecto a estos metales en tanto a sus poblaciones iniciales de nematodos, índices de agallamiento y el uso de injerto. Cabe mencionar que el valor de la cantidad de sodio, para ambos tipos de tomates, está recogido entre el valor que indica el USDA y el BEDCA.

La figura 26 muestra que no existe una relación significativa ( $p>0,05$ ) entre el índice de agallamiento y el contenido en calcio para melones injertados y sin injertar.

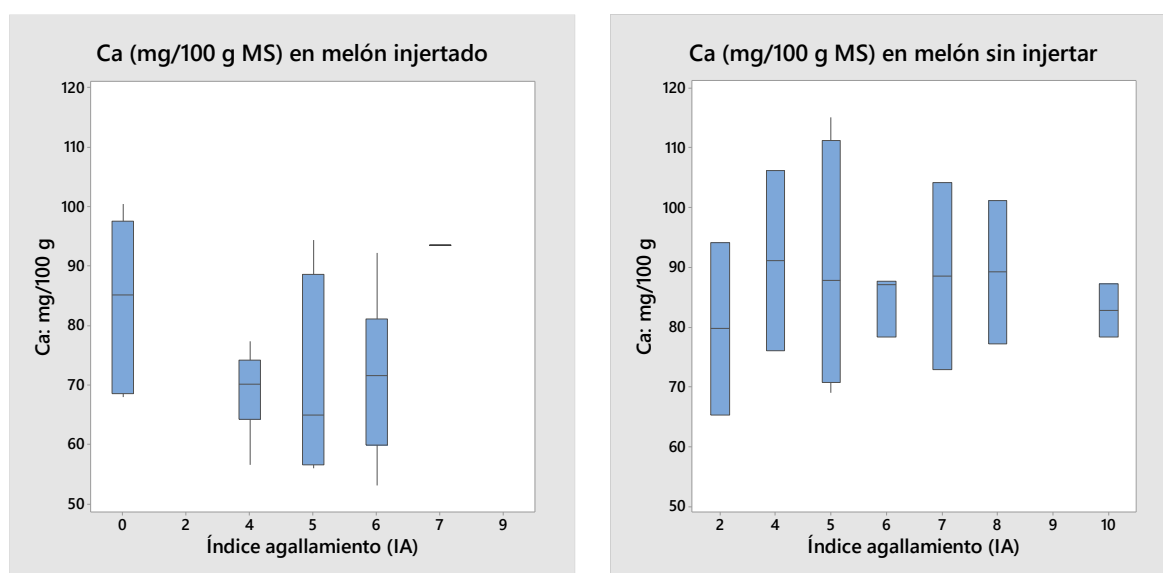


Figura 26. Contenido en calcio en melones injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: calcio respecto a índice de agallamiento en melón patrón n=68 (injertado). Derecha: calcio respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado) | n=27*

En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 2. Composición mineral del melón”:

Valor por 100 g de materia fresca	Melón cantaloupe (USDA)	Melón (BEDCA)	Melón honeydew (USDA)	Melón patrón (injertado)	Melón variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Calcio, Ca</b>	9	14	6	10,95 ± 2,72	11,62 ± 3,30

Se observa que los melones injertados tuvieron un contenido en calcio superior en un 17,83%; mientras que por otra parte, los melones sin injertar también tuvieron un contenido en calcio superior, en un 22,55%, ambos respecto al valor de referencia del USDA.

No se observan diferencias significativas respecto al calcio en tanto a sus índices de agallamiento y el uso de injerto. Cabe mencionar que el valor de la cantidad de calcio, para ambos tipos de tomates, está recogido entre el valor que indica el USDA y el BEDCA.

Cabe destacar que los valores del USDA corresponden a un promedio de distintas variedades de Cantaloupe y por lo tanto se desconocen el rango de dichos valores, el mínimo y el máximo. Teniendo en cuenta que las desviaciones estándar de los resultados experimentales son bastante altas, se podría pensar que el experimento o la metodología analítica no han sido adecuadas.

Según Jang, Y. et al. (2014), la influencia del injerto en el contenido mineral (Fe, Ca, Mg, K y Na) en melones no dio resultados concluyentes.

## 5.2. Tomate Durinta

Tomate comercial y correlaciones entre parámetros que miden la infestación de nematodos.

### 5.2.1. Efecto de la infestación de nematodos en peso y calibre

La figura 27 muestra que la población inicial de nematodos disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) el peso de los tomates sin injertar. El modelo de regresión explica el 64,85% ( $R^2$ ) de la variación en peso, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,81$ ).

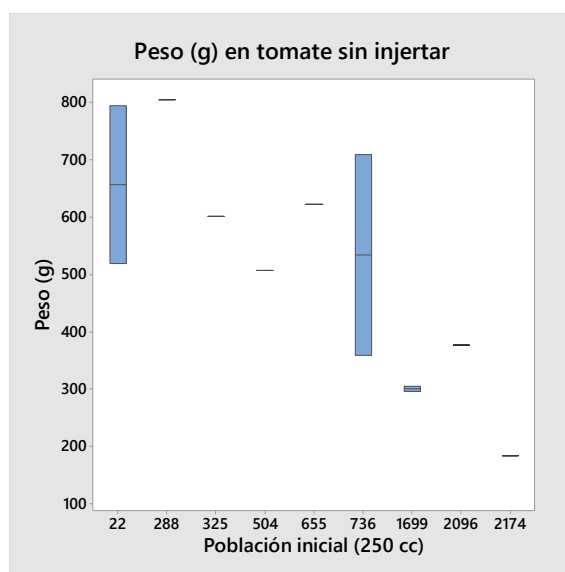


Figura 27. Peso unitario en tomates sin injertar

*Nota: peso respecto a población inicial en melón variedad (no injertado)*

Dado que la variación de peso en tomates no injertados tiene relación directa con la población inicial, se intuye que el peso puede haber variado debido a otros factores y no necesariamente a causa de la población inicial de nematodos como factor principal.

La figura 28 muestra que la población inicial de nematodos tiene una relación significativa ( $p < 0,05$ ) con los tomates injertados, tanto con el calibre horizontal como el vertical, con una correlación negativa ( $r = -0,66$  y  $r = -0,83$ , respectivamente). En tanto a los modelos de regresión, éstos explican el 43,28% y el 69,16% de la variación de sus respectivos atributos.

Por otra parte, la relación entre la población inicial de nematodos y los tomates sin injertar también fue significativa ( $p < 0,05$ ). El modelo de regresión para calibre horizontal explica el 24,16% ( $R^2$ ) de su con una correlación negativa ( $r = -0,49$ ). Mientras que el modelo de regresión para calibre vertical explica el 43,99% ( $R^2$ ) de su variación, también con una correlación negativa ( $r = -0,66$ ).



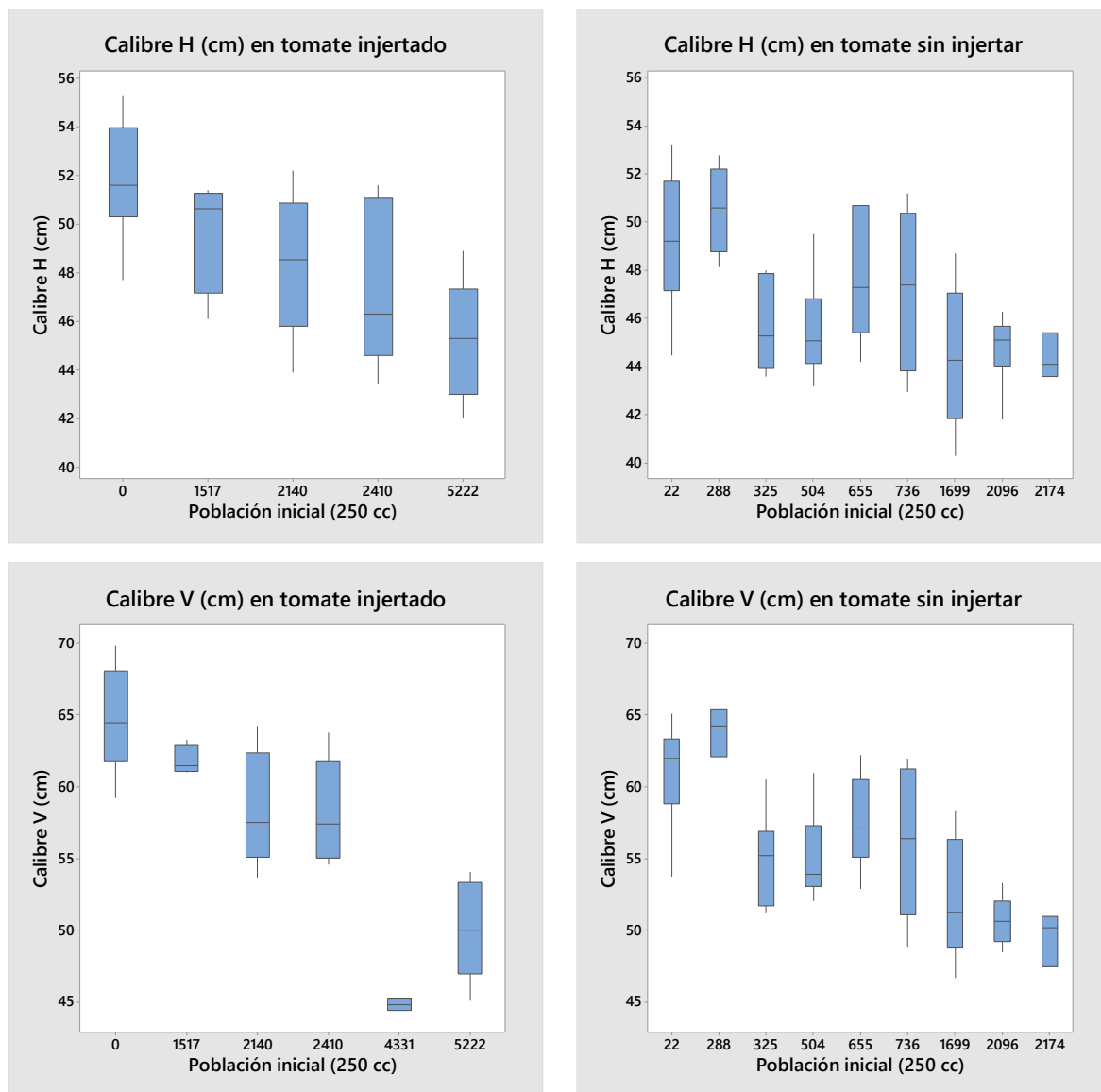


Figura 28. Calibre horizontal y vertical en tomates injertados y sin injertar

Nota: Izquierda: calibre horizontal respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: calibre horizontal respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)

Nota 2: Izquierda: calibre vertical respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: calibre vertical respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)

Para ver el efecto sobre las dimensiones de los tomates de cada tratamiento, se midió la altura y la anchura de los tomates, de los cuales se eligieron el más pequeño y el más grande para compararlos. En tomates injertados, las dimensiones del más pequeño fueron de 42,00 x 45,10 (C62) y las del más grande 53,01 x 69,80 (B75). En tomates sin injertar, las dimensiones del más pequeño fueron de 43,60 x 47,50 (C56) y las del más grande 51,80 x 65,09 (B58). Si comprobamos la relación de altura por anchura, vemos que el rango que recogen los tomates injertados es de 1,07-1,32, mientras que el rango de los tomates sin injertar es de 1,09-1,26.

Sin embargo, si miramos esta relación a través de los promedios, vemos que la relación en tomates injertados es de 1,20 y en tomates sin injertar de 0,99. Por lo tanto, en promedio los tomates injertados serían unos 17,5% más grandes que los no injertados.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Hernández et al. (2015) podemos ver que la relación entre la altura y la anchura (diámetro longitudinal y ecuatorial) de los tomates es muy similar, ya que el valor que expone la bibliografía (variedad "Velasco") es de 1,43.

En conclusión, sabiendo que el peso promedio de los tomates injertados fue superior en un 29,77% al de los tomates sin injertar, el resultado en tomates sin injertar está en consonancia con sus dimensiones; dado que las relaciones entre el peso, calibre horizontal y vertical fueron significativas.

#### 5.2.2. Efecto de la infestación de nematodos en SST, pH, IM y acidez total

La figura 29 muestra que la población inicial de nematodos aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) los sólidos solubles totales, tanto de los tomates injertados como de los sin injertar.

El modelo de regresión para tomates injertados explica el 44,37% ( $R^2$ ) de la variación en sólidos solubles totales, mientras que la correlación es positiva ( $r=0,67$ ). Por otra parte, el modelo de regresión para tomates sin injertar explica el 51,99% ( $R^2$ ) de la variación en sólidos solubles totales y su correlación también es positiva ( $r=0,72$ ).

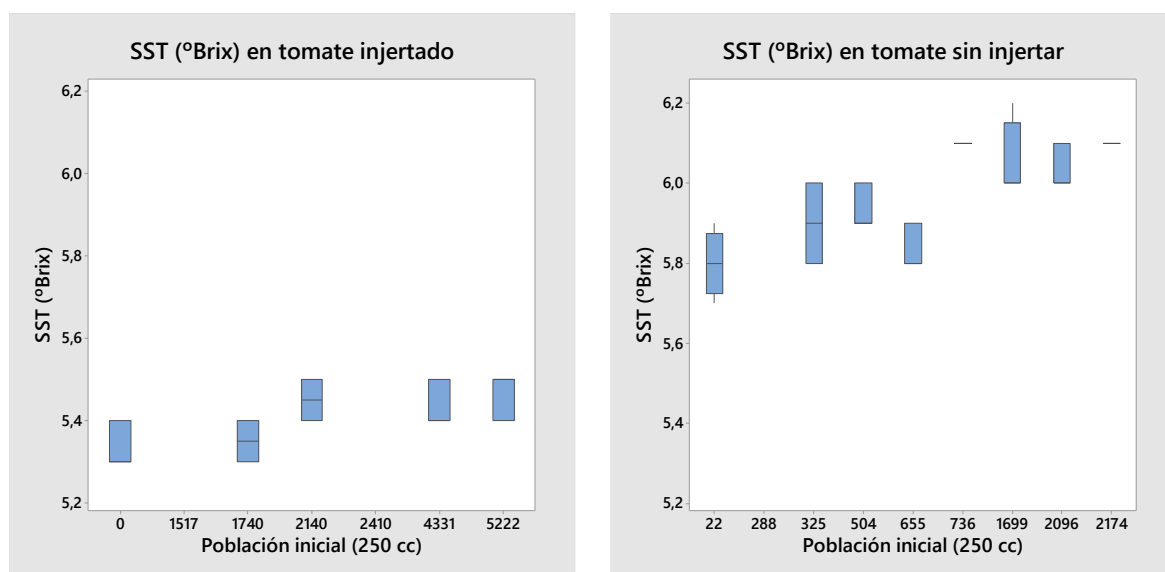


Figura 29. Sólidos solubles totales (SST) en tomates injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: sólidos solubles totales respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: sólidos solubles totales respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)*

Los promedios de grados Brix para tomates injertados y no injertados fue de  $5,40 \pm 0,08$  y  $5,96 \pm 0,13$ , respectivamente. Los tomates obtenidos de plantas injertadas tuvieron un rango de densidad de población de nematodos de entre 0-5222, mientras que los no injertados tan solo tuvieron un rango de entre 22-2174. Aunque ambos tipos de tomates tuvieron valores similares de sólidos solubles totales, los tomates injertados dieron resultados incluso con una mayor densidad de población de nematodos que los no injertados; lo cual nos indica que ni la planta ni el fruto murieron.

La figura 30 muestra que la población inicial de nematodos disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) el pH de los tomates injertados, en un rango de densidad de población de nematodos igual que en el caso de los sólidos solubles totales. El modelo de regresión explica el 62,58% ( $R^2$ ) de la variación en pH, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,79$ ).

La relación también es significativa entre población inicial de nematodos y tomates sin injertar, con un modelo de regresión que explica el 61,14% ( $R^2$ ) de su variación en pH, con una regresión similar a la anterior ( $r = -0,78$ ).

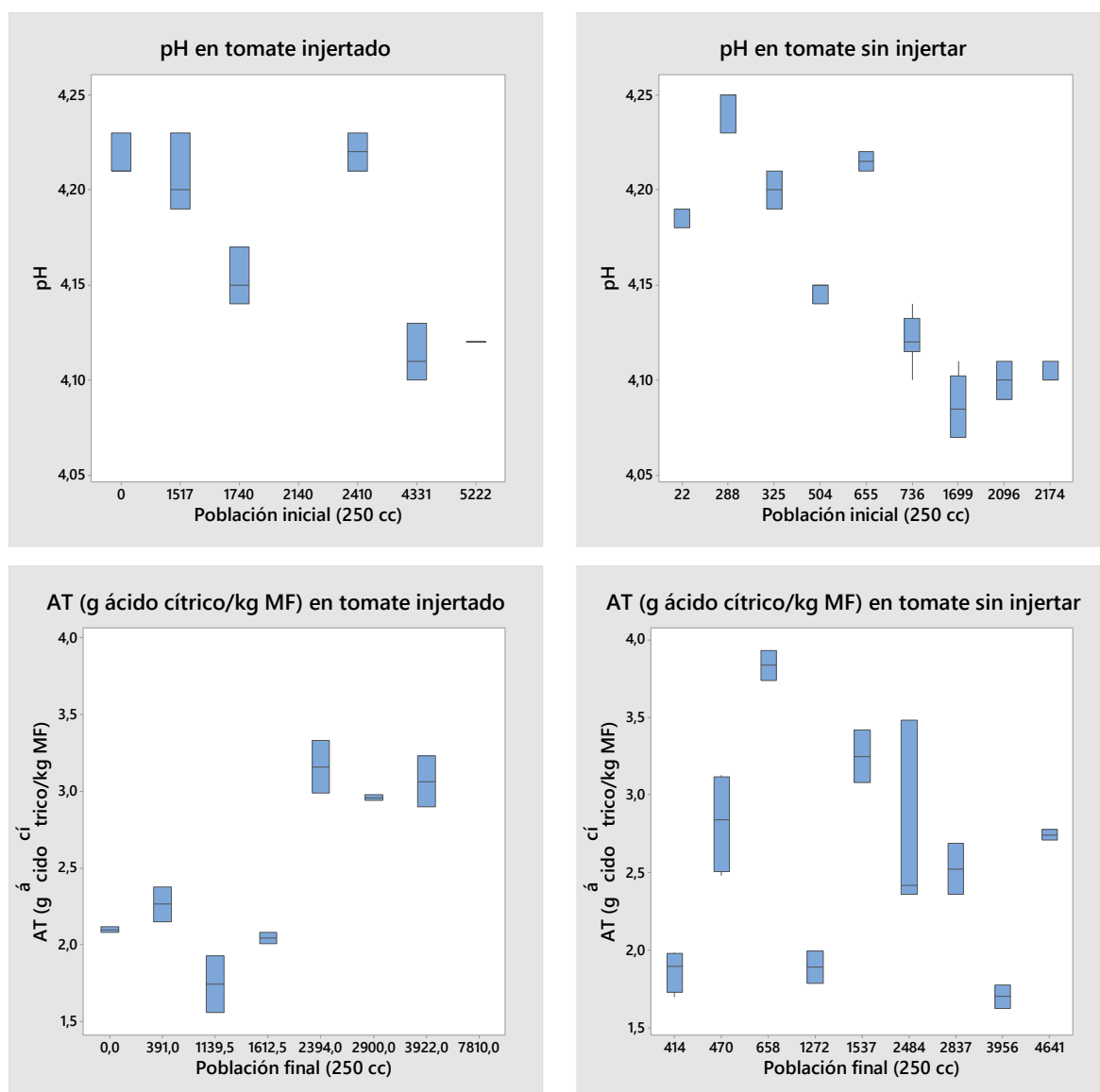


Figura 30. pH y acidez total (AT) en tomates injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: pH respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: pH respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)*

*Nota 2: Izquierda: acidez total respecto a población final en tomate patrón (injertado). Derecha: acidez total respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)*

Por lo que respecta a la acidez total, este parámetro aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) al aumentar la población final de nematodos, en tomates injertados. El modelo de regresión explica el 57,34% ( $R^2$ ) de la variación en acidez total, mientras que la correlación es positiva ( $r = 0,76$ ). La relación entre población final de nematodos y tomates sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

La influencia de la población inicial de nematodos en tomates injertados se comprueba con la disminución del pH y el aumento de la población final de nematodos, que provocan un aumento de la acidez total. Sin embargo, en ambos tipos de melones, el pH y la acidez total no están significativamente relacionados.

Los promedios de pH para tomates injertados y no injertados fueron de  $4,17 \pm 0,05$  y  $4,14 \pm 0,01$ , respectivamente. En tanto a acidez total para tomates injertados y no injertados, los promedios fueron de  $2,48 \pm 0,56$  y  $2,56 \pm 0,68$  (g ácido cítrico/kg MF), respectivamente.

Los valores de acidez total (AT) son inferiores a los obtenidos por Verheul et al. (2015), que para tomate “Dometica” maduro expone unos valores de 0,335 g ácido cítrico/100 g MF. En cambio, los valores de °Brix que expone (°Brix=5,02) son aproximados a los obtenidos.

Al comparar los resultados de la variedad “Durinta” con los obtenidos por Figàs et al. (2015) con variedades tradicionales valencianas, vemos que nuestros resultados están dentro de su rango para °Brix (3,58-8,68); pH (3,97-4,53) y son ligeramente inferiores en el caso de la acidez (0,29-0,84 g ácido cítrico/100 g MF).

La figura 31 muestra que la población inicial de nematodos disminuye significativamente ( $p < 0,05$ ) el índice de madurez en tomates injertados. El modelo de regresión explica el 71,00% ( $R^2$ ) de la variación en pH, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,84$ ). La relación entre población inicial y tomates sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

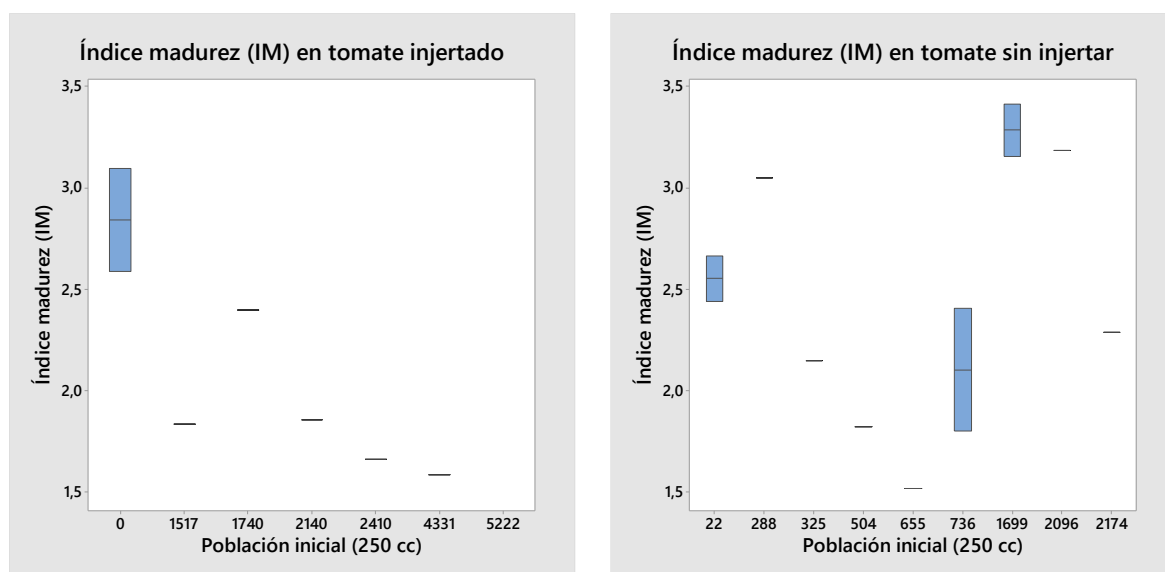


Figura 31. Índice de madurez en tomates injertados y sin injertar

Nota: Izquierda: índice de madurez respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: índice de madurez respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)

Los valores promedio de índice de madurez para tomates injertados y sin injertar fueron de 2,15 y 2,49, respectivamente. Por lo tanto, los tomates sin injertar presentaron un mayor índice de madurez y, como se mencionó anteriormente en melones: cuando las frutas están más maduras, tienden a disminuir su acidez total y a aumentar los sólidos solubles totales. Lo cual se comprueba al ver que los tomates sin injertar tuvieron una cantidad de sólidos solubles superior, así como una acidez total ligeramente inferior.

### 5.2.3. Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa

La figura 32 muestra que el índice de agallamiento disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) la luminosidad de los tomates injertados. El modelo de regresión explica el 49,02% ( $R^2$ ) de la variación en luminosidad, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,70$ ). La relación entre índice de agallamiento y tomates sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

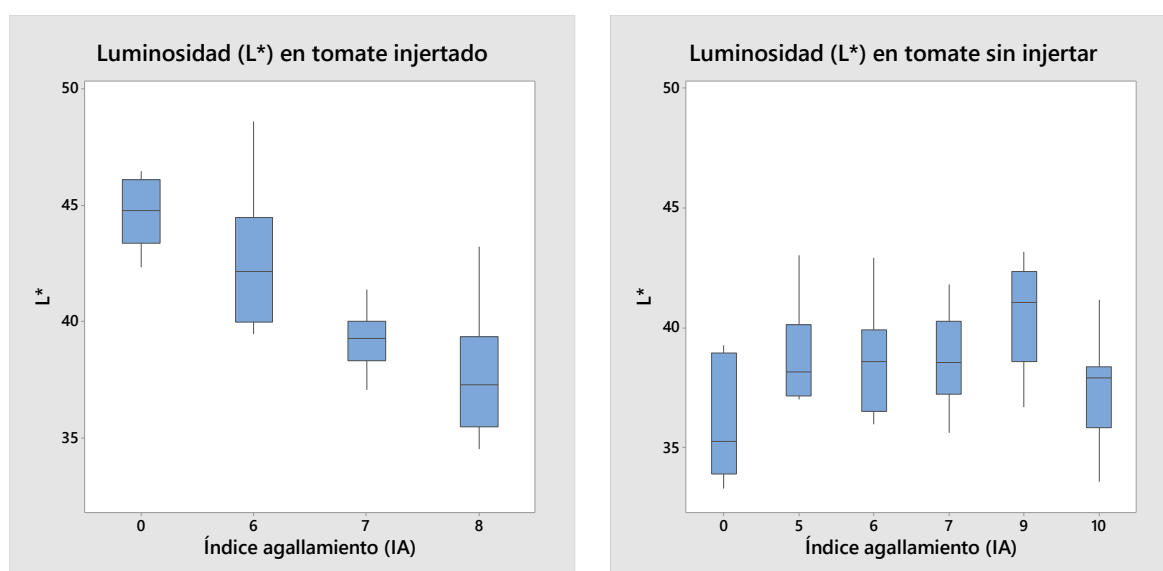


Figura 32. Luminosidad en tomates injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: L\* respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: L\* respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)*

La luminosidad del tomate C83 (figura 33) tiende hacia el gris, al tener un valor de  $L^*$  próximo a 50. Sin embargo, el tomate C62 tiende hacia el negro al estar más cerca del valor equivalente a dicho color, que es cero. Por lo tanto, tiene una luminosidad más apagada.

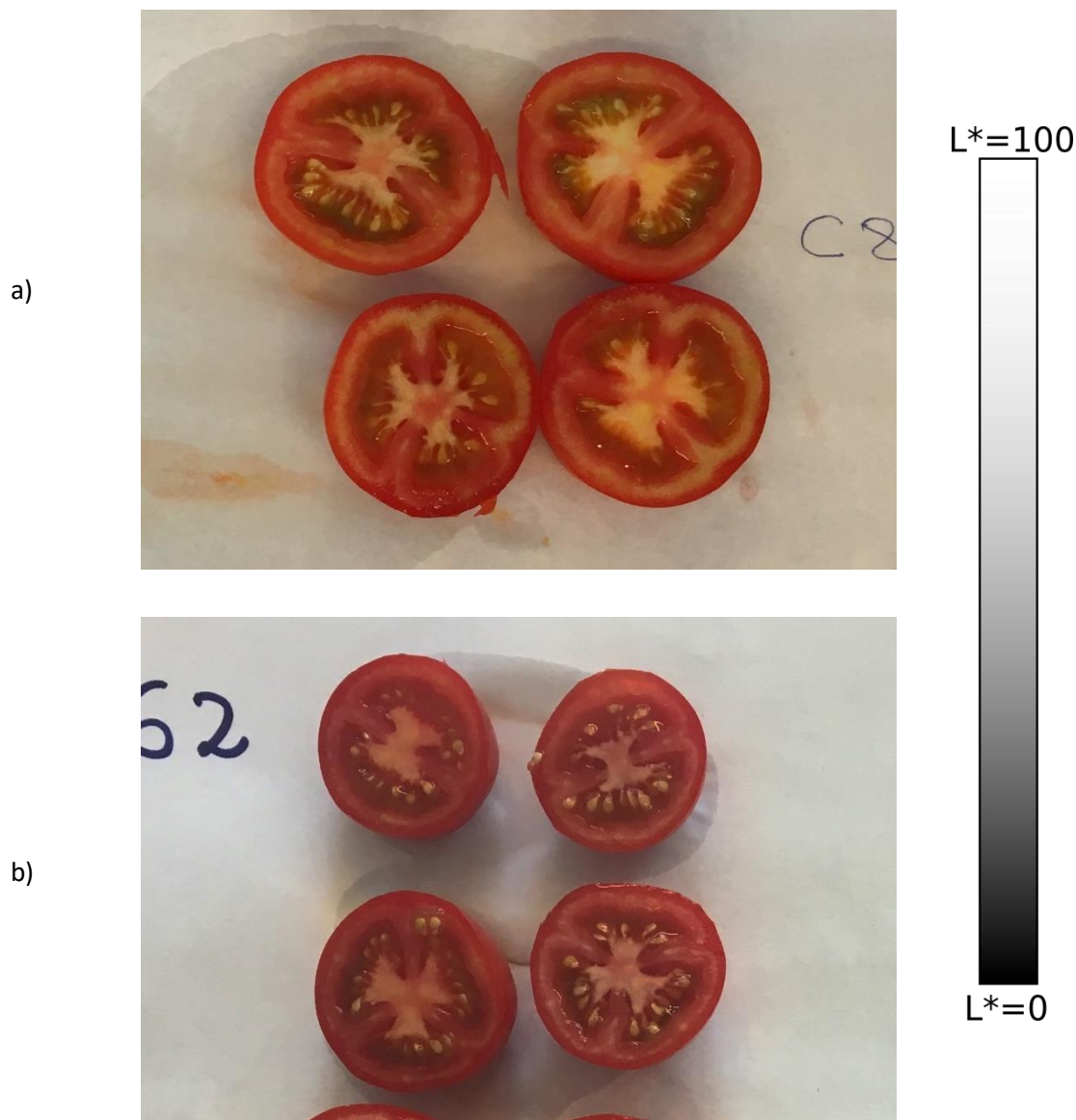


Figura 33. Muestras de tomates injertados. a): C83 con una  $L^*=48,59$  y un índice de agallamiento de 6 ; b): C62, con una  $L^*=34,55$  y un índice de agallamiento de 8 | Fuente: propia

La figura 34 muestra que el índice de agallamiento aumenta significativamente ( $p<0,05$ ) la saturación en los tomates injertados; con un modelo de regresión que explica el 25,01% ( $R^2$ ) de la variación en saturación (croma), mientras que la correlación es positiva ( $r=0,50$ ). En cambio, no tiene relación significativa ( $p>0,05$ ) con los tomates sin injertar.

Por otra parte, hay una relación significativa ( $p < 0,05$ ) entre el índice de agallamiento y el matiz, para los dos tipos de tomates. Para tomates injertados el modelo de regresión explica el 47,16% ( $R^2$ ) de la variación en matiz, con una correlación negativa ( $r = -0,69$ ). En tomates sin injertar el modelo de regresión explica el 5,63% ( $R^2$ ) de la variación en matiz, con una correlación positiva esta vez ( $r = 0,24$ ).

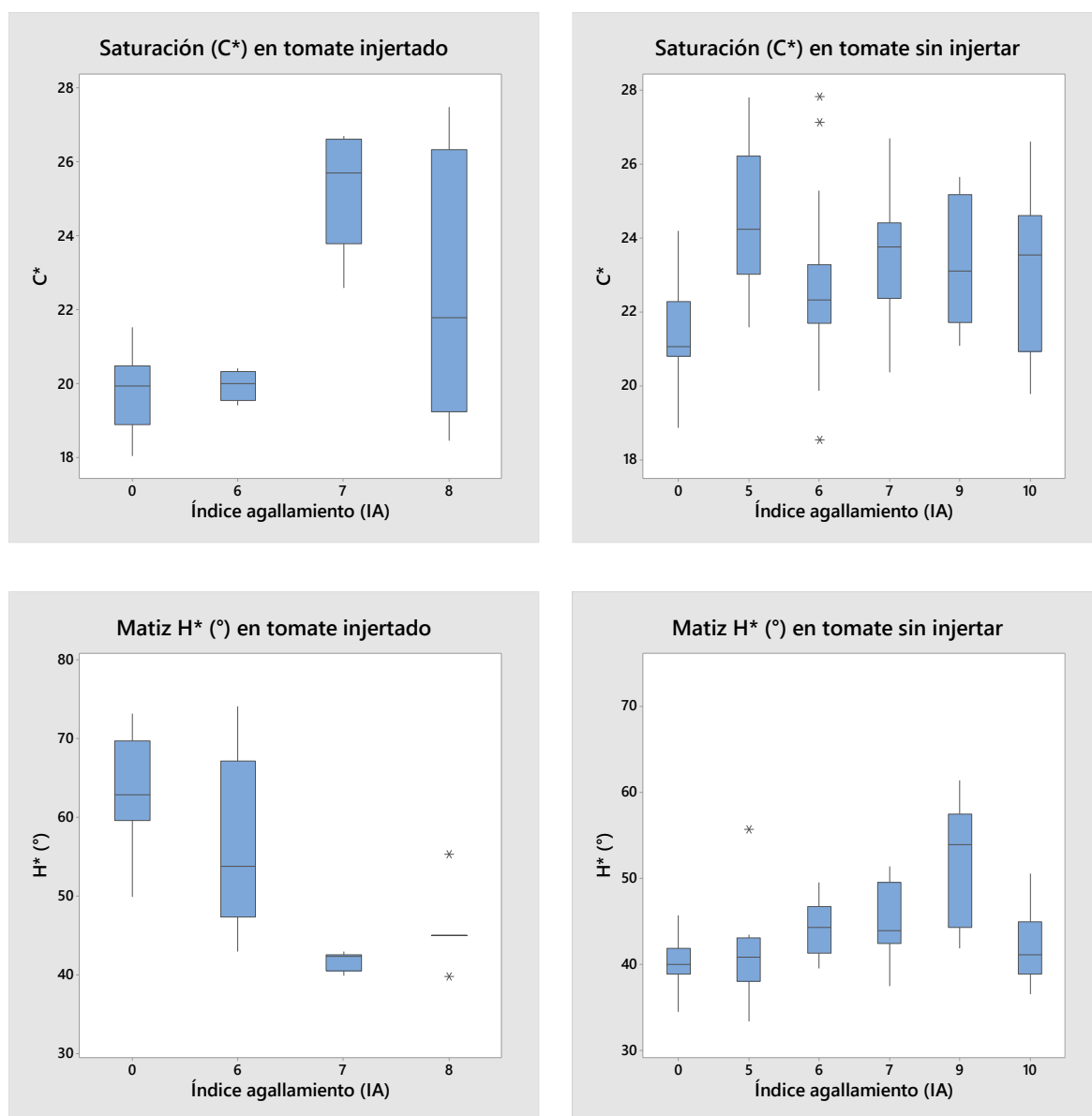


Figura 34. Saturación (croma) y matiz en tomates injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda: C\* respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: C\* respecto al índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)

*Nota 2:* Izquierda: H\* respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: H\* respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)



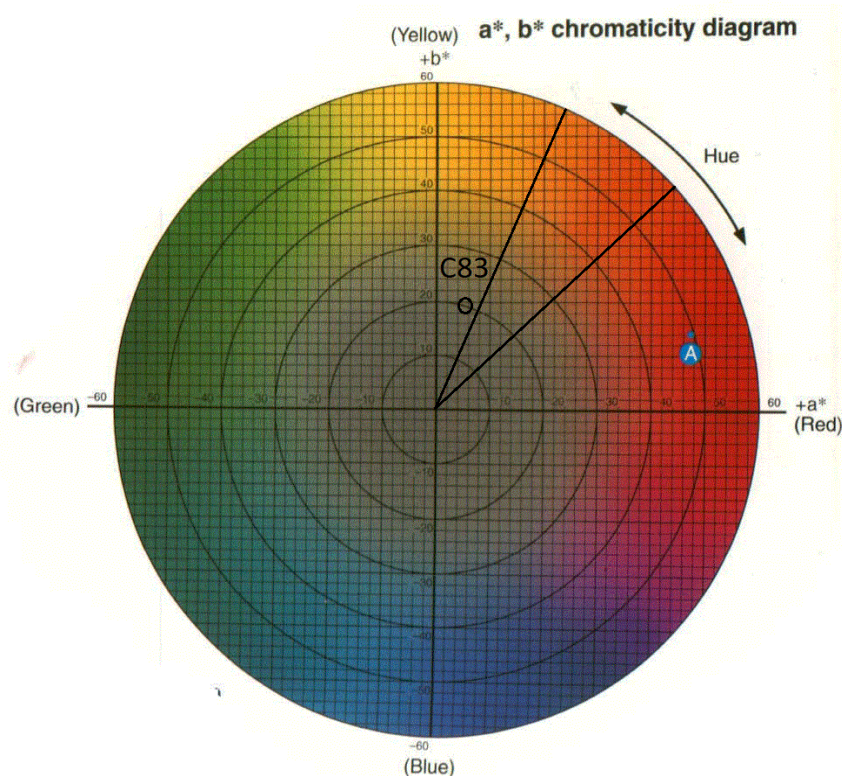


Figura 35. Diagrama cromático. Se indica -de manera aproximada- con un círculo la posición que ocuparía la muestra C83 (figura 33a); con una  $C^*=19,60$  y una  $H^*=74,10$ . Esta muestra procede de una planta injertada con un índice de agallamiento de 6

Los promedios de  $L^*$  para tomates injertados y no injertados fueron de  $41,07 \pm 3,49$  y  $38,34 \pm 2,23$ , respectivamente. En tanto a matiz  $H^*$  ( $^\circ$ ) para tomates injertados y no injertados, los promedios fueron de  $51,73 \pm 10,94$  y  $44,08 \pm 5,23$ , respectivamente. Y en cuanto a saturación ( $C^*$ ) para tomates injertados y no injertados, los promedios fueron de  $22,01 \pm 2,99$  y  $23,10 \pm 1,99$ , respectivamente.

En rasgos generales, el color de la piel de los tomates “Durinta” es un rojo poco brillante ( $L^* < 50$ ) y con un matiz  $H^*$  ( $^\circ$ ) de aproximadamente  $40^\circ$ ; y por lo tanto los tomates analizados cumplen con estos requisitos, aunque sobrepasen ligeramente el matiz adecuado.

Para comparar resultados de color con otros autores, se tendría que hacer con estudios realizados con la misma variedad o alguna parecida, puesto que el color es uno de los factores que sufre más variación entre variedades. Hernández et al. (2015) realizó un estudio con tomate de la variedad “Velasco” (Beef) y obtuvo los siguientes valores:  $L=35,5$ ,  $a=15,1$ ,  $b=13,3$ , que corresponden a un rojo con luminosidad y tono similares a los “Durinta”, pero con una saturación inferior ( $H^*=41,37^\circ$  y  $C=20,12$ ).

La figura 36 muestra que la población inicial de nematodos no afectó significativamente ( $p>0,05$ ) al incremento de color en ninguno de los tipos de tomates.

En cambio, el índice de agallamiento sí tiene una relación significativa ( $p<0,05$ ) con el índice de color para ambos tipos de tomates. Para tomates injertados el modelo de regresión explica el 52,37% ( $R^2$ ) de la variación en índice de color, con una correlación positiva ( $r=0,72$ ). En tomates sin injertar el modelo de regresión explica el 7,31% ( $R^2$ ) de la variación en índice de color con una correlación negativa ( $r=-0,27$ ).

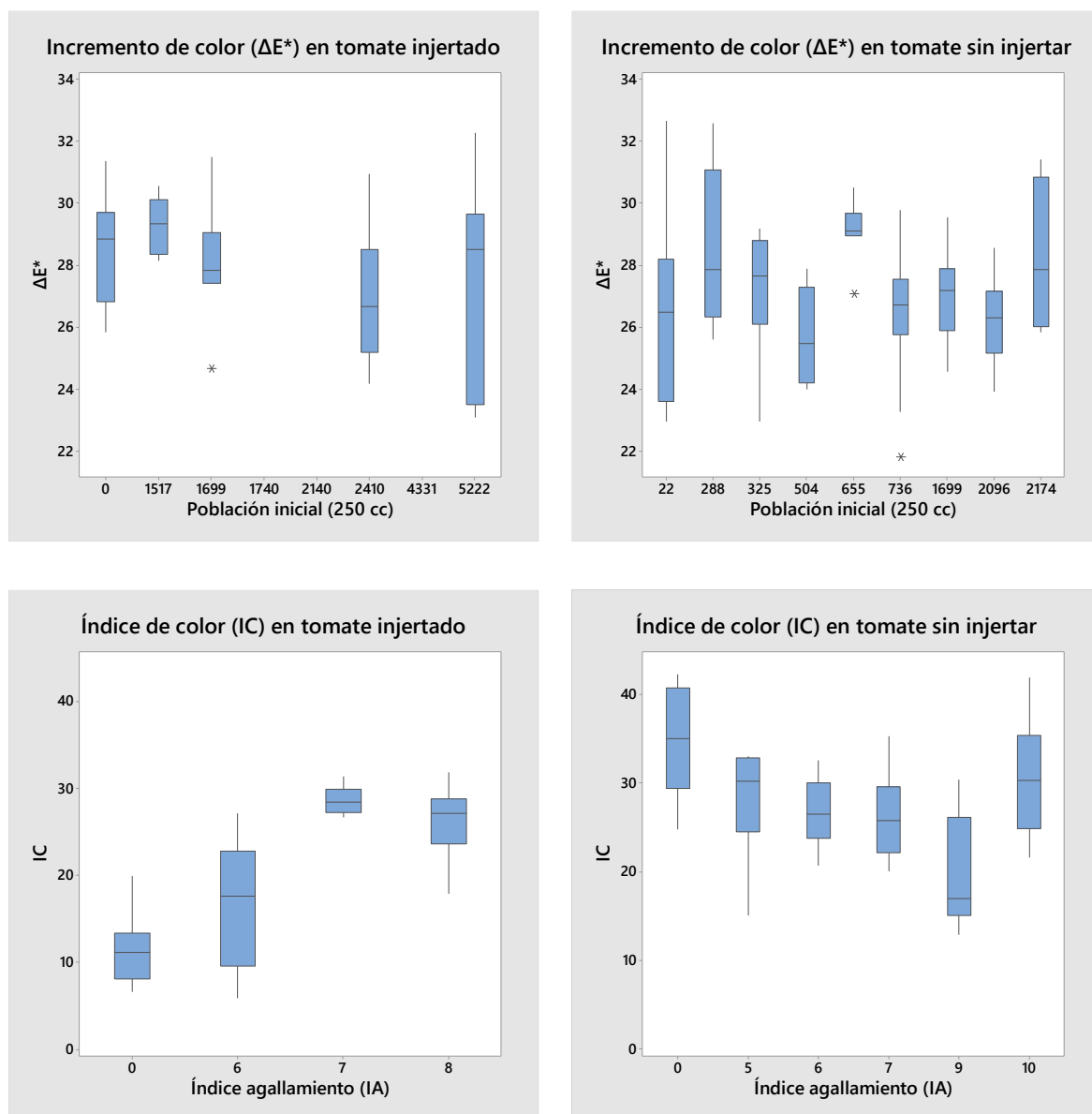


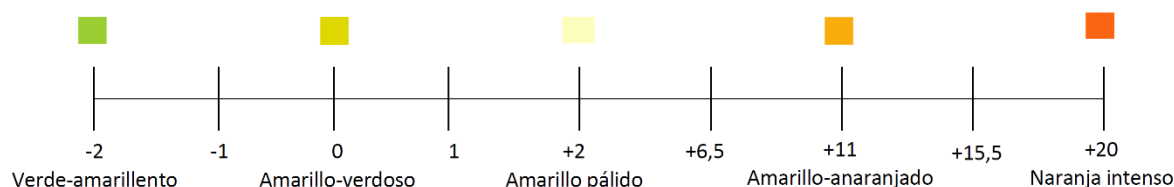
Figura 36. Incremento de color e índice de color en tomates injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda:  $\Delta E^*$  respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha:  $\Delta E^*$  respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)

*Nota 2:* Izquierda: IC respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: IC respecto a índice de agallamiento en melón variedad (no injertado)

El índice de color, por sus características de variación, puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos. Los rangos en los que se encuentra son:

- Tomates injertados: entre 5,86 a 31,84; con promedio de  $20,81 \pm 8,39$
- Tomates sin injertar: entre 12,89 a 42,28; con promedio de  $27,63 \pm 6,08$



Todos los melones analizados, independientemente del injerto y su ubicación en las parcelas, se encuentran dentro de los rangos óptimos para esta variedad; teniendo en cuenta que los tomates sin injertar alcanzaron un índice de maduración mayor que los tomates injertados.

En el caso de los tomates injertados, el rango de colores recogido fue desde el amarillo hasta el rojo. En cambio, en tomates sin injertar, el rango de colores recogido fue desde el naranja hasta el rojo oscuro. En promedio ambos tipos de tomates tuvieron un índice de color entre el naranja intenso y el rojo.

Este resultado, en tomates injertados, coincide con lo visto en la figura 33a y 35, respecto a la muestra C83.

#### 5.2.4. Efecto de la infestación de nematodos sobre la firmeza de la pulpa

La figura 37 muestra que el índice de agallamiento disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) la firmeza en los tomates injertados. El modelo de regresión explica el 16,71% ( $R^2$ ) de la variación en firmeza, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,41$ ). Sin embargo, el índice de agallamiento no afectó significativamente ( $p > 0,05$ ) a la firmeza en los tomates sin injertar.

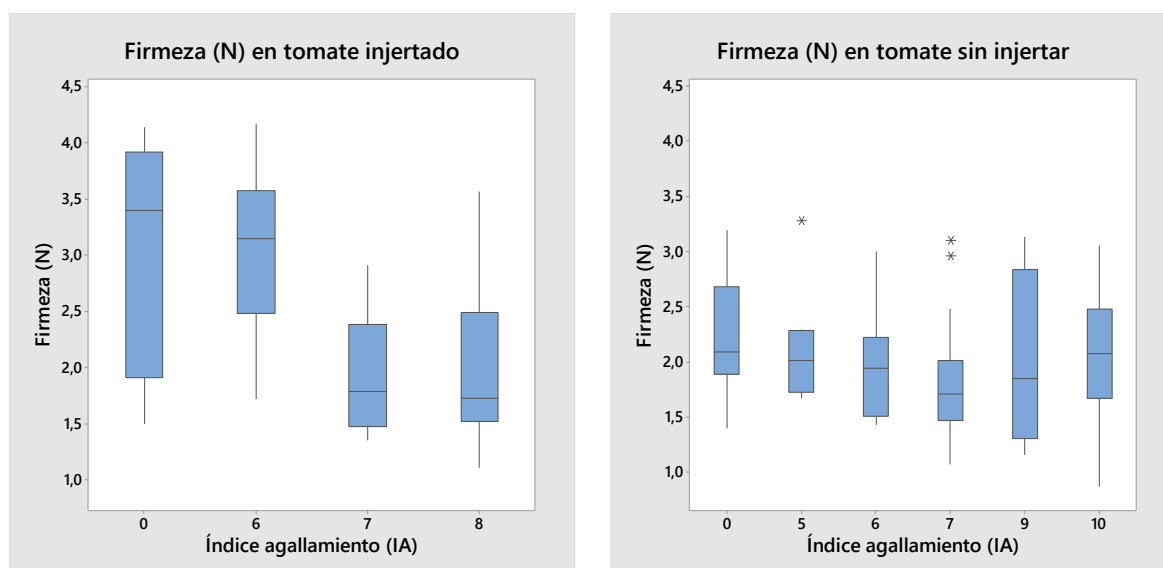


Figura 37. Firmeza en tomates injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: firmeza respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: firmeza respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)*

Los promedios de firmeza para tomates injertados y no injertados fueron de  $2,41 \pm 0,87$  y  $1,99 \pm 0,53$ , respectivamente. Los tomates sin injerto son aproximadamente un 17,43% menos firmes que los tomates injertados.

Los resultados de firmeza para diferentes variedades de tomate varían mucho según si los tomates son de larga duración (firmeza > 30 N) o de variedades convencionales (aproximadamente 20 N) (Aguayo, 2003). En el caso de la variedad “Durinta” la firmeza ha dado más baja (máximo 4,17 N), hecho posiblemente atribuible a la diferencia de variedad, zona de cultivo, condiciones del medio, etcétera.

#### 5.2.5. Efecto de la infestación de nematodos sobre materia seca y materia mineral

La figura 38 muestra que el índice de agallamiento aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de materia seca de los tomates injertados. Su modelo de regresión explica el 63,79% ( $R^2$ ) de la variación en porcentaje de materia seca con una correlación positiva ( $r = 0,80$ ). En cuando al porcentaje de materia mineral, el índice de agallamiento no provocó efectos significativos sobre los tomates injertados. Por otra parte, en tomates sin injertar, el índice de agallamiento no fue significativo ( $p > 0,05$ ) con ninguno de los parámetros.

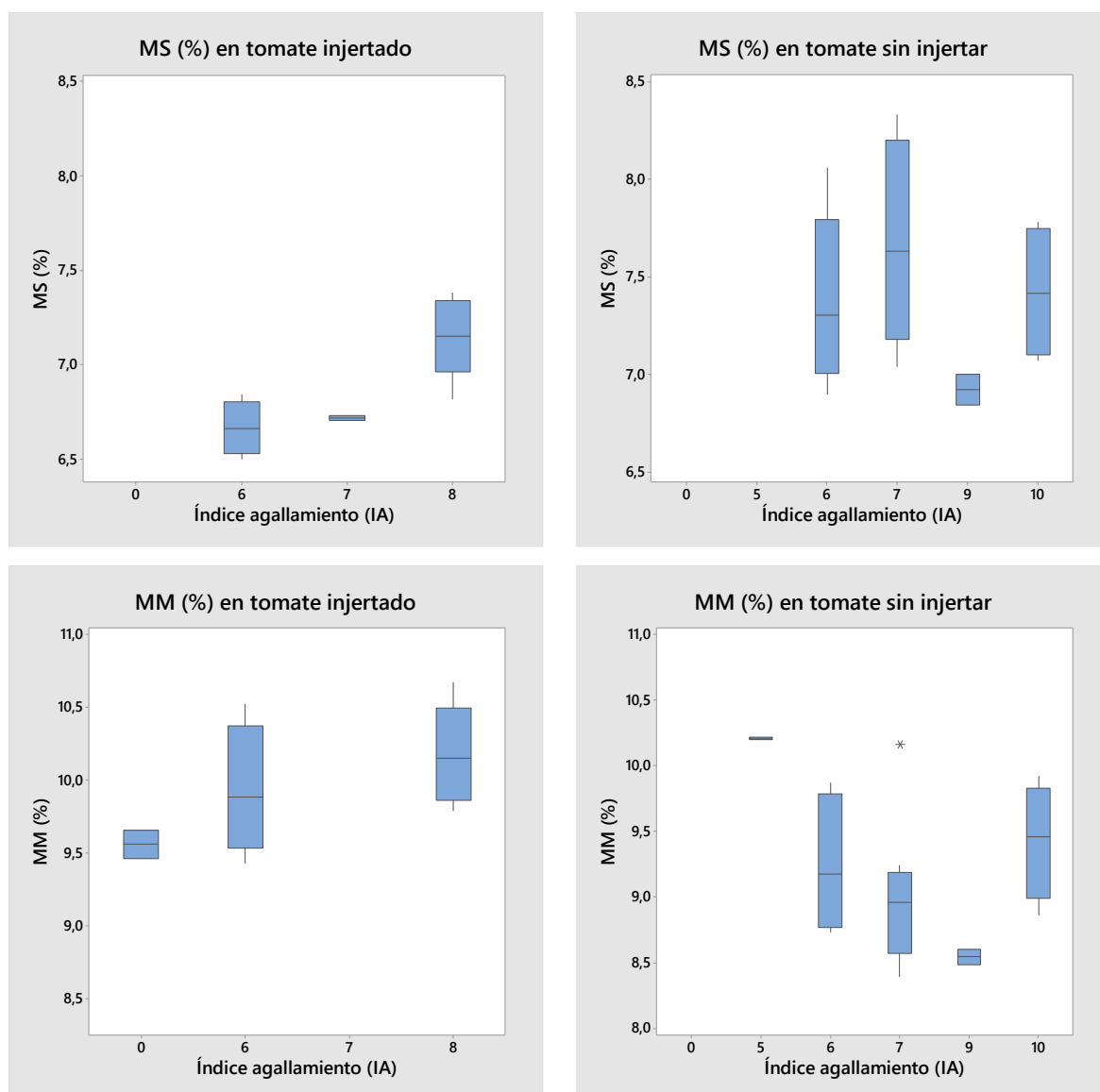


Figura 38. Materia seca y materia mineral en tomates injertados y sin injertar

*Nota: Izquierda: materia seca respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: materia seca respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado)*

*Nota 2: Izquierda: materia mineral respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: materia mineral respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado)*

Se observa que los tomates injertados tuvieron en promedio un contenido en materia seca (% MS=6,90) superior en un 13% y un contenido en materia mineral (% MM=10) superior en un 95%, respecto a los valores de tomate del USDA (% MS=6 i % MM=0,5). Por otra parte, los tomates sin injertar tuvieron en promedio un contenido en materia seca (% MS=7,45) superior en un 19,46% y un contenido superior en materia mineral (% MM=9,22) en un 94,58%, respecto a los valores del USDA. Al comparar los resultados de la variedad “Durinta” con los obtenidos por Figàs et al. (2015) con variedades tradicionales valencianas vemos que nuestros resultados están dentro de su rango para materia seca (4,08-10,52%).

### 5.2.6. Efecto de la infestación de nematodos sobre metales

La figura 39 muestra que la población inicial de nematodos no tuvo repercusiones significativas ( $p>0,05$ ) sobre la cantidad de potasio en tomates injertados.

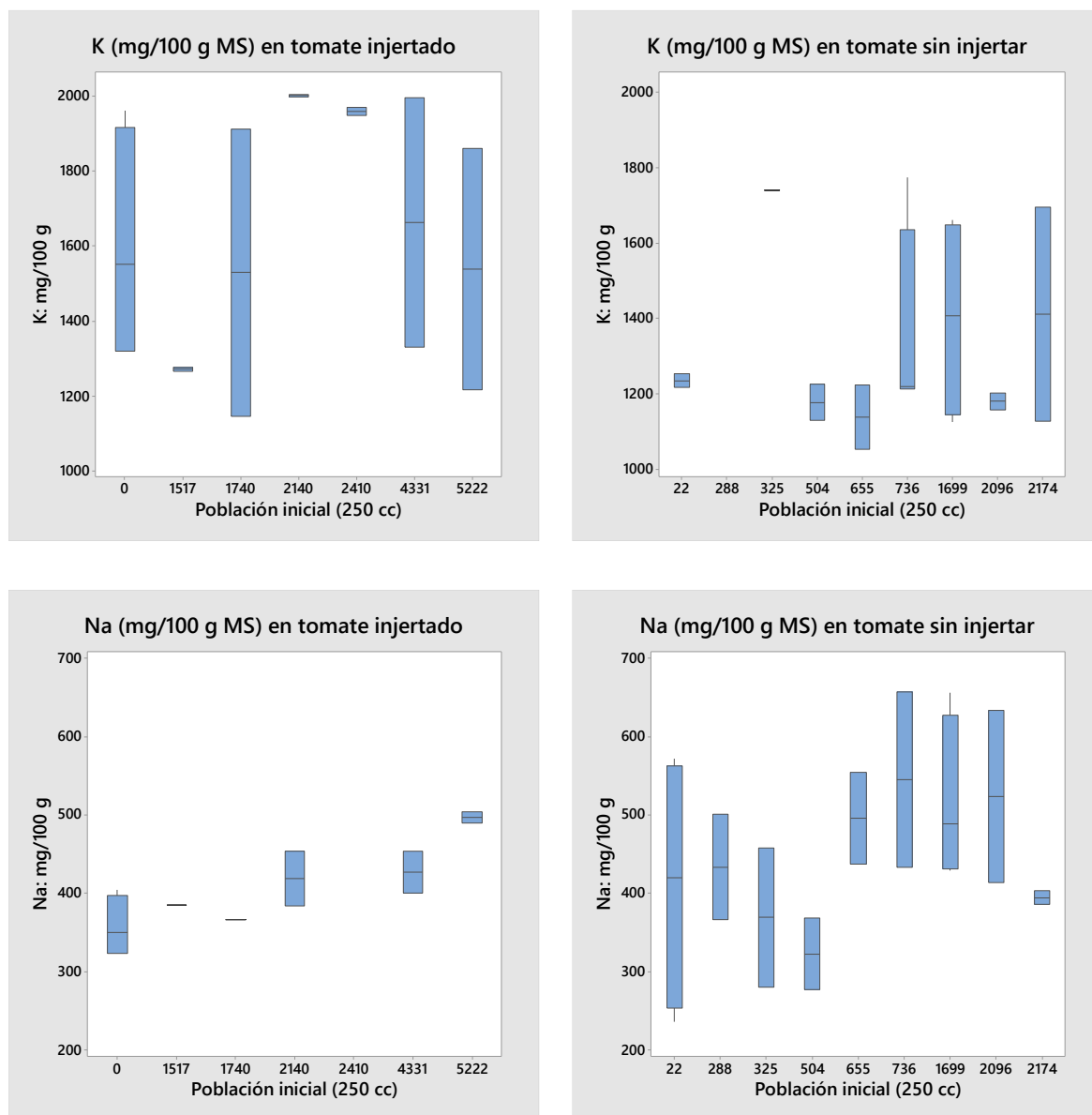


Figura 39. Contenido en potasio y sodio en tomates injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda: potasio respecto a población inicial en tomate patrón (injertado). Derecha: potasio respecto a población inicial en tomate variedad (no injertado) |  $n=27$

*Nota 2:* Izquierda: sodio respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: sodio respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado) |  $n=27$

Por lo que respecta al sodio, este parámetro aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) al incrementarse la población inicial de nematodos, en tomates injertados. El modelo de regresión explica el 67,01% ( $R^2$ ) de la variación en sodio, mientras que la correlación es positiva ( $r = 0,82$ ).

Tanto para el potasio como para el sodio, la relación entre índice de agallamiento y tomates sin injertar fue no significativa ( $p > 0,05$ ).

En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 1. Composición mineral del tomate”:

Valor por 100 g de materia fresca	Tomate (USDA)	Tomate (BEDCA)	Tomate (Hernández, 2013)	Tomate patrón (injertado)	Tomate variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Potasio, K</b>	237	236	-	112,89 ± 24,67	103,86 ± 35,43
<b>Sodio, Na</b>	5	18	6	26,91 ± 9,51	32,72 ± 11,16

Se observa que los tomates injertados tuvieron un contenido en potasio inferior en un 52,37% y un contenido en sodio superior en un 81,42%, respecto a los valores de tomate del USDA. Por otra parte, los tomates sin injertar tuvieron un contenido en potasio inferior en un 56,18% y un contenido superior en sodio en un 84,72%, respecto a los valores del USDA.

No se observan diferencias significativas respecto a estos metales en tanto a sus poblaciones iniciales de nematodos y el uso de injerto. Cabe mencionar que el valor de la cantidad de sodio, para tomates injertados, se aproxima al valor que indica el BEDCA.

La figura 40 muestra que el índice de agallamiento no afectó significativamente ( $p>0,05$ ) a la cantidad de hierro de los tomates injertados. Sin embargo, sí afectó significativamente a los tomates sin injertar ( $p<0,05$ ), con un modelo de regresión que explica el 97,06% ( $R^2$ ) de la variación en hierro, mientras que la correlación es positiva ( $r=0,99$ ).

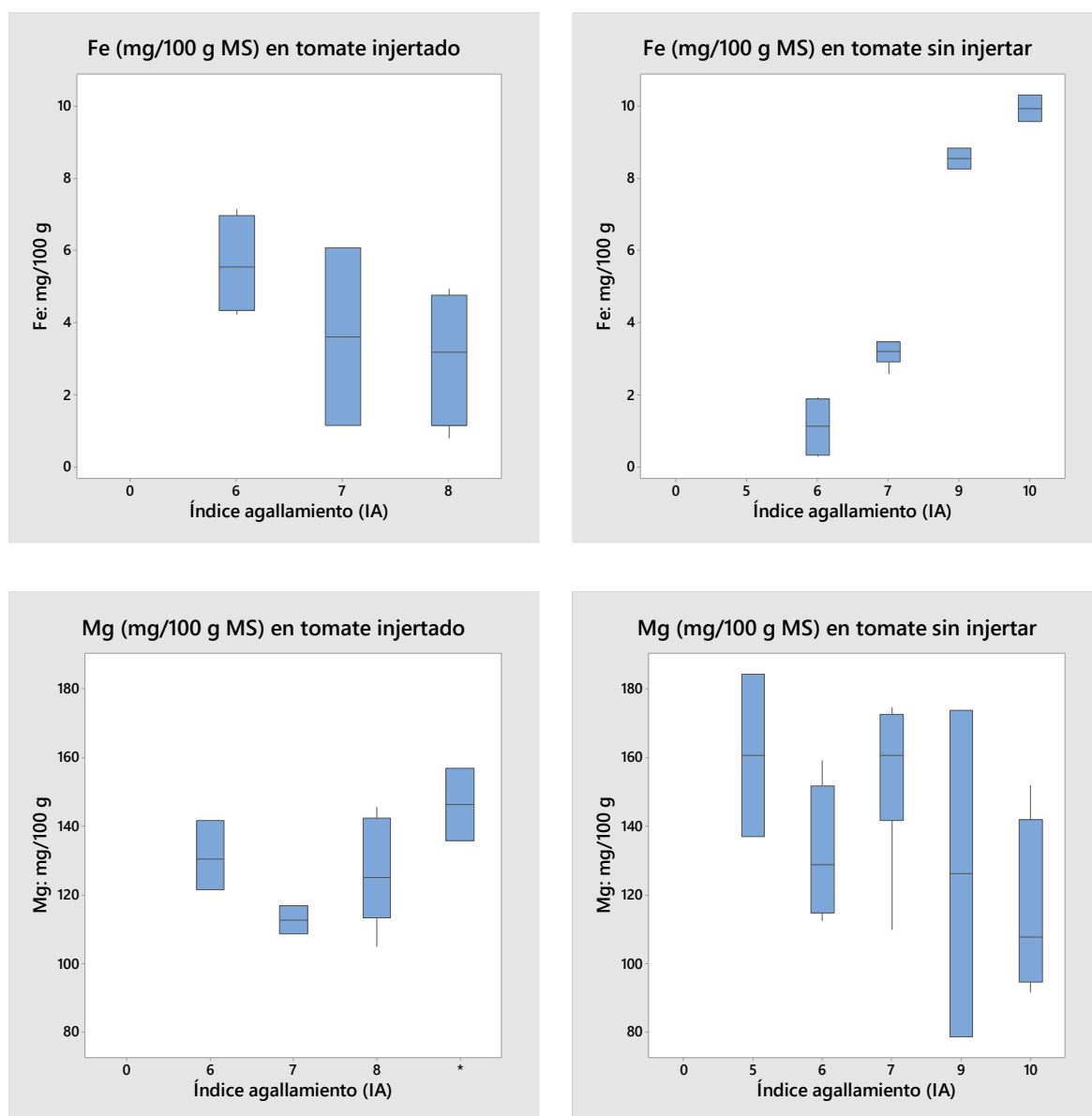


Figura 40. Contenido en hierro y magnesio en tomates injertados y sin injertar

*Nota:* Izquierda: hierro respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: hierro respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado) |  $n=27$

*Nota 2:* Izquierda: magnesio respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: magnesio respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado) |  $n=27$

Por lo que respecta al magnesio, este metal no tuvo relación significativa ( $p>0,05$ ) con el índice de agallamiento, tanto en tomates injertados como en no injertados.



En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 1. Composición mineral del tomate”:

Valor por 100 g de materia fresca	Tomate (USDA)	Tomate (BEDCA)	Tomate (Hernández, 2013)	Tomate patrón (injertado)	Tomate variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Hierro, Fe</b>	0,27	0,5	0,3	$0,48 \pm 0,34$	$0,28 \pm 0,24$
<b>Magnesio, Mg</b>	11	10	10	$9,37 \pm 1,32$	$10,23 \pm 2,40$

Se observa que los tomates injertados tuvieron un contenido en hierro superior en un 44,05% y un contenido en magnesio inferior en un 14,86%, respecto a los valores de tomate del USDA. Por otra parte, los tomates sin injertar tuvieron un contenido en hierro ligeramente superior en un 3,81% y un contenido inferior en magnesio en un 6,97%, respecto a los valores del USDA.

No se observan diferencias significativas respecto a estos metales en tanto a sus poblaciones iniciales de nematodos y el uso de injerto. Cabe destacar que las cantidades de hierro y magnesio se ajustan a los valores indicados por el BEDCA o por Hernández (2013).

La figura 40 muestra que no existe una relación significativa ( $p > 0,05$ ) entre el índice de agallamiento y el contenido en calcio para tomates injertados. En cambio, esta relación sí es significativa para tomates sin injertar, con un modelo de regresión que explica el 30,56% ( $R^2$ ) de la variación en calcio, mientras que la correlación es negativa ( $r = -0,55$ ).

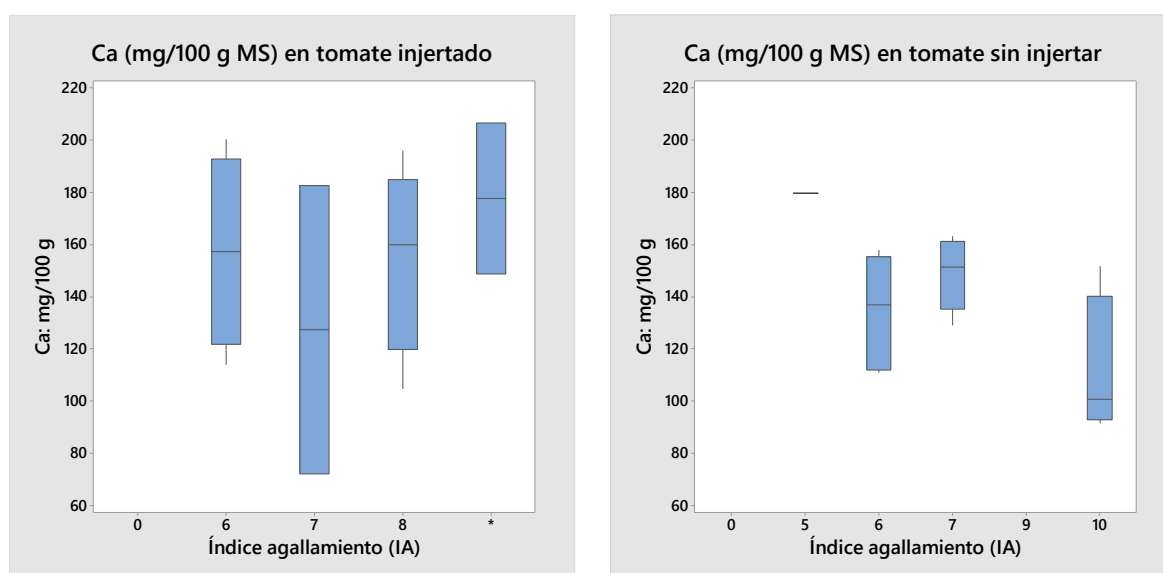


Figura 41. Contenido en calcio en tomates injertados y sin injertar

Nota: Izquierda: calcio respecto a índice de agallamiento en tomate patrón (injertado). Derecha: calcio respecto a índice de agallamiento en tomate variedad (no injertado) |  $n=27$

En comparación con los valores del USDA de la “Tabla 1. Composición mineral del tomate”:

Valor por 100 g de materia fresca	Tomate (USDA)	Tomate (BEDCA)	Tomate (Hernández, 2013)	Tomate patrón (injertado)	Tomate variedad (sin injertar)
<b>MINERALES (mg)</b>					
<b>Calcio, Ca</b>	10	11	8	10,78 ± 2,65	11,28 ± 2,41

Se observa que los tomates injertados tuvieron un contenido en calcio ligeramente superior en un 7,24%; mientras que por otra parte, los melones sin injertar también tuvieron un contenido en calcio superior, en un 11,35%, ambos respecto al valor de referencia del USDA. Sin embargo, esta variación sólo puede ser explicada en tomates sin injertar.

No se observan diferencias significativas respecto al calcio en tanto a sus índices de agallamiento y el uso de injerto. Cabe mencionar que el valor de la cantidad de calcio, para tomates injertados, está recogido entre el valor que indica el USDA y el BEDCA.

Como se ha mencionado anteriormente, valores del USDA corresponden a un promedio de distintas variedades del fruto y por lo tanto se desconocen el rango de dichos valores, el mínimo y el máximo. Teniendo en cuenta que las desviaciones estándar de los resultados experimentales son bastante altas, se podría pensar que el experimento o la metodología analítica no han sido adecuadas.

## 5. Resumen general de los resultados

En resumen, atendiendo a los resultados se constató lo siguiente:

### Melón Cantaloupe:

Tabla 6. Resultados de la interacción entre tipo de injerto, índice de agallamiento o población inicial de nematodos en los diversos parámetros físico-químicos y metales en melón cantaloupe

	Peso	Calibre vertical	Cavidad seminal
Melón injertado	↑	↑	↑
Melón sin injertar	-	-	-

	SST	pH	Acidez total	Índice madurez
Melón injertado	↓	↓	↓	-
Melón sin injertar	↓	-	-	-

	Luminosidad (L*)	Saturación (C*)	Matiz (H*)	Incremento color	Índice de color
Melón injertado	↑	-	↑	↑	↓
Melón sin injertar	-	↓	-	-	-

	Firmeza	% MS	% MM
Melón injertado	-	↓	↓
Melón sin injertar	↓	-	-

	Potasio (K)	Sodio (Na)	Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)
Melón injertado	↓	↓	-	↓	-
Melón sin injertar	-	-	↑	-	-

Nota: las casillas en blanco indican que el factor utilizado ha sido el índice de agallamiento. Las casillas en azul indican que el factor utilizado ha sido la población inicial de nematodos. La flecha hacia arriba (↑) indica que la interacción ha sido significativa y positiva. La flecha hacia abajo (↓) indica que la interacción ha sido significativa y negativa. El guion (-) indica que la interacción no ha sido significativa.

## Tomate Durinta:

Tabla 7. Resultados de la interacción entre tipo de injerto, índice de agallamiento o población inicial/final de nematodos en los diversos parámetros físico-químicos y metales en tomate Durinta

	Peso	Calibre vertical	Cavidad seminal
Melón injertado	-	↓	↓
Melón sin injertar	↓	↓	↓

	SST	pH	Acidez total	Índice madurez
Melón injertado	↑	↓	↑	↓
Melón sin injertar	↑	↓	-	-

	Luminosidad (L*)	Saturación (C*)	Matiz (H*)	Incremento color	Índice de color
Melón injertado	↓	↑	↓	-	↑
Melón sin injertar	-	-	↑	-	↓

	Firmeza	% MS	% MM
Melón injertado	↓	↑	-
Melón sin injertar	-	-	-

	Potasio (K)	Sodio (Na)	Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)
Melón injertado	-	↑	-	-	-
Melón sin injertar	-	-	↑	-	↓

*Nota: las casillas en blanco indican que el factor utilizado ha sido el índice de agallamiento. Las casillas en azul indican que el factor utilizado ha sido la población inicial de nematodos. Las casillas en naranja indican que el factor utilizado ha sido la población final de nematodos. La flecha hacia arriba (↑) indica que la interacción ha sido significativa y positiva. La flecha hacia abajo (↓) indica que la interacción ha sido significativa y negativa. El guion (-) indica que la interacción no ha sido significativa.*

Las tablas se entienden de la siguiente manera: la repercusión en los cultivos se da al incrementarse la densidad de población de nematodos o el índice de agallamiento. Es decir, que si en peso para melón injertado se muestra una flecha hacia arriba (↑); quiere decir que a medida que se ha incrementado el índice de agallamiento, ha aumentado el peso en melones de plantas injertadas.

## 6. Conclusiones

### Para melón Cantaloupe:

Los melones variedad Cantaloupe de las plantas injertadas sobre *Cucumis metuliferus* ven incrementado su tamaño y peso en gradiente creciente de agallamiento. Sin embargo, este factor provoca una disminución en acidez total, índice de color, porcentaje de materia seca, potasio, sodio y magnesio. Por otra parte, en gradiente creciente de población inicial de nematodos, los frutos sufren una reducción de sólidos solubles totales, pH y porcentaje de materia mineral.

### Para tomates Durinta:

Los tomates variedad Durinta de las plantas injertadas sobre *Aligator* ven incrementado su saturación, índice de color y porcentaje de materia seca, en gradiente creciente de agallamiento. Sin embargo, este factor origina una disminución en luminosidad y matiz. Por otra parte, en gradiente creciente de población inicial de nematodos, los frutos sufren una reducción de calibre vertical<sup>5</sup>, cavidad seminal, pH e índice de madurez. Aunque ocasiona un aumento en sólidos solubles totales y sodio. El incremento de la población final de nematodos resulta en un aumento de la acidez total.

Se puede concluir que:

- Con los resultados obtenidos, parece ser que el uso de *Cucumis metuliferus* y *Aligator* como portainjertos para melón y tomate -respectivamente- es insuficiente para mitigar los efectos de *Meloidogyne incognita* respecto al contenido mineral de los frutos de los dos cultivos estudiados.
- Sin embargo, el uso de portainjerto permitió a los cultivos soportar una mayor densidad de población inicial de nematodos. Es decir, las plantas injertadas dieron frutos incluso en presencia de una mayor cantidad de nematodos, cumpliendo con la calidad mínima requerida para ser comercializables.
- Los efectos de injertar son más notorios en melones que en tomates. Sobre todo en el peso y calibres/cavidad seminal y menos en contenido mineral.

No obstante, se debería contemplar otros métodos, principales o complementarios, para conseguir minimizar los efectos de los nematodos.

---

<sup>5</sup> Se intuye una reducción en peso también

## Bibliografía

- Barker, K. R., and Olthof, T. H. A. (1976). Relationships Between Nematode Population Densities and Crop Responses. *Annual Review of Phytopathology*, 14(1), 327–353. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.14.090176.001551>
- Barrett, C. E., Zhao, X., and Mcsorley, R. (2012). Grafting for root-knot nematode control and yield improvement in organic heirloom tomato production. *HortScience*, 47(5), 614–620.
- Bridge, J., and Page, S. L. J. (1980). Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. *Tropical Pest Management*, 26(3), 296–298. <https://doi.org/10.1080/09670878009414416>
- Crinò, P., Lo Bianco, C., Roupahel, Y., Colla, G., Saccardo, F., and Paratore, A. (2007). Evaluation of rootstock resistance to fusarium wilt and gummy stem blight and effect on yield and quality of a grafted “inodorus” melon. *HortScience*, 42(3), 521–525.
- Crisosto, C. (1994). Optimum Procedures for Ripening Stone Fruit, Management of ripening fruit. *Agriculture*, 1–5.
- Galatti, F. de S., Franco, A. J., Ito, L. A., Charlo, H. de O., Gaion, L. A., and Braz, L. T. (2013). Rootstocks resistant to *Meloidogyne incognita* and compatibility of grafting in net melon. *Revista Ceres*, 60(3), 432–436. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300018>
- Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M. D., Stommel, J. R., and Nuez, F. (2011). Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia Horticulturae*, 128(1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.007>
- Goreta Ban, S., Zanic, K., Dumicic, G., Raspudic, E., Vuletin Selak, G., and Ban, D. (2014). Growth and yield of grafted cucumbers in soil infested with root-knot nematodes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(1), 29–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000100005>
- Guan, W., Zhao, X., Dickson, D. W., Mendes, M. L., and Thies, J. (2014). Root-knot nematode resistance, yield, and fruit quality of specialty melons grafted onto cucumis metulifer. *HortScience*, 49(8), 1046–1051.
- Guzmán, Ó. A., Castaño, J., and Villegas, B. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agronomía*, 20(1), 38–50.
- Hernández Hernández, R., del Vallín, G., and Hernández, D. (2006). Diagnóstico de fitonematodos en suelos de cultivos frutales. *Fitosanidad*, 10(4), 261–264. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-2.11>

- Huang, Y., Tang, R., Cao, Q., and Bie, Z. (2009). Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.04.004>
- Liu, B., Ren, J., Zhang, Y., An, J., Chen, M., Chen, H., Chu, C., Ren, H. (2014). A new grafted rootstock against root-knot nematode for cucumber, melon, and watermelon. *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0234-5>
- Liu, Y., Li, T., Qi, H., Li, J., and Yin, X. (2010). Effects of grafting on carbohydrate accumulation and sugar-metabolic enzyme activities in muskmelon. *African Journal of Biotechnology*, 9(1), 25–35. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1411>
- Lopez-Galarza, S., San Bautista, A., Perez, D. M., Miguel, A., Baixauli, C., Pascual, B., Guardiola, J. L., Maroto, J.V. (2004). Effects of grafting and cytokinin-induced fruit setting on colour and sugar-content traits in glasshouse-grown triploid watermelon. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(6), 971–976. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511875>
- Melakeberhan, H., Brooke, R. C., Webster, J. M., and D'Auria, J. M. (1985). The influence of *Meloidogyne incognita* on the growth, physiology and nutrient content of *Phaseolus vulgaris*. *Physiological Plant Pathology*, 26(3), 259–268. [https://doi.org/10.1016/0048-4059\(85\)90001-3](https://doi.org/10.1016/0048-4059(85)90001-3)
- Meyer, S. L. F., Zasada, I. A., Tenuta, M., and Roberts, D. P. (2005). Application of a biosolid soil amendment, calcium hydroxide, and *Streptomyces* for management of root-knot nematode on cantaloupe. *HortTechnology*, 15(3), 635–641.
- Nugent, P. E., and Dukes, P. D. (1997). Root-knot nematode resistance in *Cucumis* species. *HortScience*.
- Parrilla, R. (1984). *Meloidogyne* (Nemátodos de los nódulos radiculares). *Horticultura*, 13, 41–47.
- Potter, T. H. A. O. and J. W. (1977). Effects of Population Densities of *Meloidogyne* hapla on Growth and Yield of Tomato. *Journal of Nematology*, 9(4), 296–300. Retrieved from <http://journals.fcla.edu/jon/article/view/65031>
- Radewald, J. D., Kontaxis, D. G., and Shibuya, F. (1975). Root-knot nematode control in cantaloupe. *California Agriculture*.
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., and Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001>
- Salazar-Antón, W., and Guzmán-Hernández, T. de J. (2013). Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimientos del Tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 419–426.



- Wesemael, W. M. L., Viaene, N., and Moens, M. (2011). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology*, 13(1), 3–16. <https://doi.org/10.1163/138855410X526831>
- Rashidi, M., Seyfi, K. (2007). Classification of fruit shape in Cantaloupe using the analysis of geometrical attributes. *Revista World Journal of Agricultural Sciences*. IDOSI Publications. vol. 3, No. 6, p. 735-740. ISSN 1817-3047.
- Molina, E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. *Revista informaciones agronómicas*, No. 63, p. 1-16.
- Jang, Y., Huh, Y-C., Park, D-K., Mun, B., Lee, S., Um, Y. (2014). Greenhouse evaluation of melon rootstock resistance to *Monosporascus* root rot and vine decline as well as of yield and fruit quality in grafted “Inodours” melons. *Revista Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, vol. 32, No. 5, p. 14-622. ISSN 1226-8763. DOI: 10.7235/hort.2014.14065.
- Hernández, V. et al., 2015. Increased temperature produces changes in the bioactive composition of tomato, depending on its developmental stage. *A: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 63, núm. 9, p. 2378-2382. ISSN 15205118. DOI 10.1021/jf505507h.
- Figàs, M.R. et al., 2015. Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *A: Food Chemistry*. Vol. 187, p. 517-524. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2015.04.083.
- Verheul, M.J., Slimestad, R. i Tjøstheim, I.H., 2015. From Producer to Consumer: Greenhouse Tomato Quality As Affected by Variety, Maturity Stage at Harvest, Transport Conditions, and Supermarket Storage. *A: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 63, núm. 20, p. 5026-5034. ISSN 15205118. DOI 10.1021/jf505450j.
- Aguayo Gimenez, E., 2003. Innovaciones Tecnológicas en la Conservación de Melón y Tomate Procesado en Fresco. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.